



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

보건학석사 학위논문

사하라이남 아프리카
미취학 연령 아동의 구충제 복용과
건강 결과의 연관성
- 다수준 분석 및 공간 분석을 활용하여 -

2019년 8월

서울대학교 보건대학원
보건학과 보건정책관리학 전공
정 효 선

사하라이남 아프리카
미취학 연령 아동의 구충제 복용과
건강 결과의 연관성

- 다수준 분석 및 공간 분석을 활용하여 -

지도 교수 김 선 영
이 논문을 보건학석사 학위논문으로 제출함
2019년 5월

서울대학교 대학원
보건학과 보건정책관리학 전공
정 효 선

정효선의 보건학석사 학위논문을 인준함
2019년 7월

위 원 장 _____ 권 순 만 (인)

부위원장 _____ 황 승 식 (인)

위 원 _____ 김 선 영 (인)

초 록

토양매개기생충은 아·열대 중저소득 국가의 취약 인구 집단에서 주로 발생하는 감염병이며, 다른 소외열대질환과 더불어 대표적인 ‘빈곤의 질병’으로 불린다. 토양매개기생충에 감염된 아동은 영양 흡수 저하, 빈혈 등 신체적 장애를 겪기 쉽고, 이는 아동의 발육부전 및 인지발달 저하로 이어질 수 있다. 세계보건기구 등은 토양매개기생충을 통제하기 위하여 예방화학요법을 권장하고 있다. 예방화학요법은 1년에 1~2회 경구용 구충제를 투여하는 비용-효과적인 보건 프로그램이다. 그러나 2017년 기준 약 9억 명의 인구가 여전히 토양매개기생충에 감염된 것으로 추정된다. 그 중 5세 미만에 해당하는 미취학 연령 아동은 약 7천만 명이다.

본 연구는 사하라이남 아프리카의 5세 미만 미취학 연령 아동에서 발육부전 및 빈혈과 같은 건강 결과가 최근 6개월 이내의 구충제 복용과 어떠한 관계를 가지는지 분석하였다. 단면 연구로서 2010~18년 DHS(Demographic and Health Surveys) 자료가 존재하는 28개 국가의 2,821개 행정구역 및 130,201명(빈혈 변수 기준 23개 국가, 1,833개 행정구역 및 77,009명)의 미취학 연령 아동을 대상으로 하였다. 먼저 다수준 분석을 실시하여 개인적 특성뿐 아니라 지역적 특성이 어떠한 영향을 미치는지 확인하고자 하였다. 인구학적 요인, 사회경제 요인, 보건 프로그램 요인, 거주 형태 요인, 환경학적 요인 등을 개인 수준 및 행정구역 수준으로 통제하였다. 또한 공간 분석을 실시하여 행정구역 수준에서 공간 효과를 고려하였을 때 주요 변수와 통제 요인에서 군집이 나타나는지 확인하였다.

다수준 로지스틱 회귀분석 결과, 개인 수준 및 행정구역 수준의 요인을 모두 통제하였을 때 구충제를 복용한 경우 발육부전인 오즈비가 0.96배 낮았다(95% CI: 0.93-0.99). 구충제를 복용한 경우 빈혈인 오즈비는 0.96배 낮았다(95% CI: 0.92-0.99). 공간자기상관분석 결과, 발육부전(Moran's I: 0.48) 및 구충제 복용(Moran's I: 0.59)과 빈혈(Moran's I: 0.44) 및 구충제 복용(Moran's I: 0.55)의 전역적 공간자기상관은 모두 높게 나타났다. 다른 통제 변수의 Moran's I도 모두 0.35 이상의 값으로 나타났다. 각 변수의 핫스팟과 콜드스팟을 분석하여 국지적 공간자기상관이 주로 어떤 지역에서 일어나는지 확인하였다.

본 연구의 결과는 다양한 요인의 지역별 이질성 및 지역 간 인접성을 반영하여 구충제 복용에 따른 토양매개기생충 관련 건강 결과를 살펴볼 필요성과 정책적 함의를 제공한다.

주요어: 토양매개기생충, 구충제 복용, 사하라이남 아프리카, 미취학 연령 아동, 다수준 분석, 공간 분석

학 번: 2017-20386

목 차

제 1 장 서론.....	1
제 1 절 연구의 배경 및 필요성	1
1. 토양매개기생충과 미취학 연령 아동의 건강	1
2. 토양매개기생충 주요 통제 프로그램	2
3. 토양매개기생충 관련 영향 요인.....	3
4. 다수준 분석 및 공간 분석의 필요성	5
제 2 절 연구 목적	6
1. 다수준 분석 연구 목적	6
2. 공간 분석 연구 목적.....	7
제 2 장 선행 연구 고찰.....	8
제 1 절 구충제 복용과 아동의 건강 결과.....	8
제 2 절 구충제 복용 및 토양매개기생충 관련 다수준 분석.....	9
제 3 절 구충제 복용 및 토양매개기생충 관련 공간 분석	10
제 3 장 연구 방법.....	13
제 1 절 연구 자료 및 대상.....	13
1. 연구 자료.....	13
2. 연구 대상 및 분석 수준.....	14
제 2 절 연구 변수	19
1. 종속변수	20
2. 독립변수 및 통제변수	20

제 3 절 분석 방법	25
1. 다수준 분석	25
1) 자료 전처리 및 기초통계분석	25
2) 상관분석 및 회귀분석	26
3) 다수준 로지스틱 회귀분석	26
2. 공간 분석.....	27
1) 기초통계분석 및 지도 시각화	27
2) 공간자기상관분석	29
제 4 장 연구 결과.....	31
제 1 절 다수준 분석 결과	31
1. 기초통계분석 결과	31
1) 연구 대상자 및 대상 지역의 특성	31
2) 연구 대상자의 특성에 따른 건강 결과	35
2. 상관분석 및 회귀분석 결과	41
1) 상관분석 결과.....	41
2) 로지스틱 회귀분석 결과	46
3. 다수준 로지스틱 회귀분석 결과.....	50
제 2 절 공간 분석 결과	57
1. 기초통계분석 및 지도 시각화 결과.....	57
1) 대상 지역의 특성.....	57
2) 지도 시각화 결과.....	60
2. 공간자기상관분석 결과	72
1) 전역적 공간자기상관분석 결과	72
2) 국지적 공간자기상관분석 결과	74

제 5 장 결론 및 고찰.....	88
제 1 절 연구 결과에 대한 고찰	88
1. 다수준 분석 결과 고찰	89
2. 공간 분석 결과 고찰.....	91
제 2 절 연구의 의의 및 한계.....	94
제 3 절 결론 및 제언.....	96
 참고문헌	 98
 Abstract	 102

표 목 차

[표 1] 분석 대상 국가 및 DHS 자료 요약	15
[표 2] 개인 수준 및 행정구역 수준 변수의 정의.....	23
[표 3] 재계산한 행정구역 수준 변수의 정의	28
[표 4] 개인 수준 변수 기초통계분석 결과(발육부전).....	32
[표 5] 개인 수준 변수 기초통계분석 결과(빈혈)	33
[표 6] 행정구역 수준 변수 기초통계분석 결과(발육부전).....	34
[표 7] 행정구역 수준 변수 기초통계분석 결과(빈혈).....	34
[표 8] 연구 대상자 특성별 발육부전 비율.....	36
[표 9] 연구 대상자 특성별 빈혈 비율.....	39
[표 10] 변수 간 상관분석 결과(발육부전)	42
[표 11] 변수 간 상관분석 결과(빈혈).....	44
[표 12] 개인 수준 변수 로지스틱 회귀분석 결과(발육부전).....	47
[표 13] 개인 수준 변수 로지스틱 회귀분석 결과(빈혈).....	49
[표 14] 다수준 로지스틱 회귀분석 결과(발육부전).....	52
[표 15] 다수준 로지스틱 회귀분석 결과(빈혈)	55
[표 16] 재계산한 행정구역 수준 기초통계분석 결과(발육부전).....	58
[표 17] 재계산한 행정구역 수준 기초통계분석 결과(빈혈).....	59
[표 18] 전역적 공간자기상관 결과	73

그 립 목 차

[그림 1] 프로그램 이론에 따른 구충제 복용과 아동의 건강 결과	4
[그림 2] 연구 대상 선정 및 제외 흐름도	17
[그림 3] 발육부전 변수 기준 분석 대상 지역(28개국)	18
[그림 4] 빈혈 변수 기준 분석 대상 지역(23개국)	18
[그림 5] 다수준 분석 연구 모형	19
[그림 6] 발육부전 및 구충제 복용 지도 시각화(28개국)	61
[그림 7] 인구학적 변수 지도 시각화(28개국)	62
[그림 8] 사회경제 변수 지도 시각화(28개국)	63
[그림 9] 보건 프로그램 변수 지도 시각화(28개국)	64
[그림 10] 거주 형태 및 환경학적 변수 지도 시각화(28개국)	65
[그림 11] 빈혈 및 구충제 복용 지도 시각화(23개국)	67
[그림 12] 인구학적 변수 지도 시각화(23개국)	68
[그림 13] 사회경제 변수 지도 시각화(23개국)	69
[그림 14] 보건 프로그램 변수 지도 시각화(23개국)	70
[그림 15] 거주 형태 및 환경학적 변수 지도 시각화(23개국)	71
[그림 16] 발육부전 및 구충제 복용 공간자기상관분석(28개국)	76
[그림 17] 인구학적 변수 공간자기상관분석(28개국)	77
[그림 18] 사회경제 변수 공간자기상관분석(28개국)	78
[그림 19] 보건 프로그램 변수 공간자기상관분석(28개국)	79
[그림 20] 거주 형태 및 환경학적 변수 공간자기상관분석(28개국) ..	80
[그림 21] 빈혈 및 구충제 복용 공간자기상관분석(23개국)	83
[그림 22] 인구학적 변수 공간자기상관분석(23개국)	84
[그림 23] 사회경제 변수 공간자기상관분석(23개국)	85

[그림 24] 보건 프로그램 변수 공간자기상관분석(23개국).....	86
[그림 25] 거주 형태 및 환경학적 변수 공간자기상관분석(23개국) ..	87

제 1 장 서론

제 1 절 연구 배경 및 필요성

1. 토양매개기생충과 미취학 연령 아동의 건강

소외열대질환(neglected tropical diseases)은 아·열대의 빈곤 지역에서 주로 발생하는 감염병을 일컫는다. 대표적인 소외열대질환인 토양매개기생충(soil-transmitted helminths)은 일반적으로 장내에 기생하는 회충(*Ascaris lumbricoides* 또는 roundworm), 편충(*Trichuris trichiura* 또는 whipworm), 십이지장충(*Necator americanus* and *Ancylostoma duodenale* 또는 hookworm)을 의미한다. 알 또는 유충으로 오염된 토양에 접촉하였을 때 주로 감염되기 때문에 개발도상국 등 위생이 열악한 지역에서 흔히 나타난다.

매년 질병 부담 통계치를 발간하는 연구 기관인 IHME(Institute for Health Metrics and Evaluation)에 따르면^①, 2017년 기준 약 9억 명의 인구가 토양매개기생충에 감염되어 있다. 그 중 5세 미만에 해당하는 미취학 연령 아동은 약 7천만 명이다. 질병 부담을 추정하는 척도 중 하나인 DALYs(disability-adjusted life years)를 기준으로 살펴보면 토양매개기생충의 전체 DALYs 중 약 45%가 사하라이남 아프리카에 집중되어 있다.

세계보건기구(World Health Organization)는 약 2억 7천만 명의 미취학 연령 아동과 약 5억 7천만 명의 취학 연령 아동이 토양매개기생충

^① <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>

의 위험 지역에 거주한다고 보고하고 있다^②. 감염된 아동은 영양 흡수 저하, 빈혈, 체력 감소, 설사와 이질 등 신체적 장애에 노출되기 쉽다. 이는 아동의 신체 성장 저하와 인지 능력 발달 저하로 연결될 수 있으며, 장기적으로 사회적 낙인, 교육 참여 저하, 생산성 저하 등을 겪게 할 수 있다(Hotez et al., 2014). 토양매개기생충과 같은 소외열대질환은 이처럼 빈곤의 악순환을 일으킬 수 있어 대표적인 ‘빈곤의 질병’ 중 하나로 불린다.

2. 토양매개기생충 주요 통제 프로그램

세계보건기구는 2001년 WHA 54.19에서 예방화학요법(preventive chemotherapy)을 처음 제안하였다. 예방화학요법은 학교 및 지역사회를 기반으로 1년에 1~2회 경구용 구충제를 투여하는 보건 프로그램이다. 유병률이 높은 지역에 별도의 의학적 진단 없이 수행하는 것을 원칙으로 하는 집단투약방식(mass drug administration)을 따른다. 경구용 구충제로서 알벤다졸(albendazole) 및 메벤다졸(mebendazole) 등을 사용한다. 다른 종류의 경구용 구충제를 함께 포함하여 여러 소외열대질환을 한꺼번에 통제하기도 한다. 보건 인프라가 부족한 빈곤 지역에서 가장 기초적으로 제공할 수 있기 때문에 소외열대질환을 비용-효과적으로 통제할 수 있는 프로그램으로 꼽힌다.

2012년 런던 선언(London Declaration)에서 세계보건기구, 비정부기구, 제약회사 등은 소외열대질환 통제를 위하여 다시금 협력을 약속하였다. 2016년 평균 예방화학요법 보장률(coverage)은 취약 연령 아동 기준 약 68%로 상당히 증가하였다. 그러나 여전히 세계보건기구가 제시

^② <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/soil-transmitted-helminth-infections>

하는 목표치인 75%를 밑돌고 있다.

5세 미만 미취학 연령 아동은 학교를 기반으로 하는 예방화학요법에 노출되기 어렵고, 특정 이니셔티브, 지역사회 기반 프로그램 및 보건 의료 체계 내에서 구충제를 투여 받을 수 있다. 그러나 최근 연구들은 토양매개기생충의 전파를 줄이고 예방화학요법의 비용-효과성을 더욱 높이기 위해 미취학 연령 인구 집단을 치료하는 것이 중요하다고 주장한다(Lo et al., 2018).

한편 세계보건기구는 2013년 WHA 66.12에서 소외열대질환의 효과적인 통제를 위해 ‘통합적 접근법’을 강조하였다. 통합적 접근법이란 예방화학요법과 더불어 식수 위생(Water, Sanitation and Hygiene 또는 WASH) 프로그램 등 다양한 수단을 동원하는 것을 의미한다. 알 또는 유충에 오염된 토양과 접촉함으로써 감염되는 기전상, 깨끗한 식수와 위생 시설은 토양매개기생충의 직접적인 노출을 줄이고 치료 후 재감염을 방지하는 데에 중요하다.

3. 토양매개기생충 관련 영향 요인

프로그램 이론(program theory)은 보건 등의 분야에서 프로그램이 어떻게 작동할 것인지를 개념화한 것이다(Issel & Wells, 2017). 프로그램 이론의 구성 요소에는 과정 이론(process theory)과 효과 이론(effect theory)이 있다. 그 중 효과 이론에 의하면, 보건 프로그램이 건강 결과로 이어지는 데에 영향을 미치는 선행(existing) 요인, 중재(moderating) 요인, 매개(mediating) 요인 등을 고려하여 프로그램의 기획과 평가가 이루어져야 한다.

토양매개기생충의 유병률이 아동의 건강에 영향을 미치는 주요 원인이라고 가정할 때, 이를 통제하기 위한 보건 프로그램으로 구충제 복용

을 도입할 수 있다. 프로그램 이론에 맞추어 구충제 복용 프로그램과 미취학 연령 아동의 건강 결과 사이의 관계를 간략하게 도식화해보면 다음과 같다(그림 1).

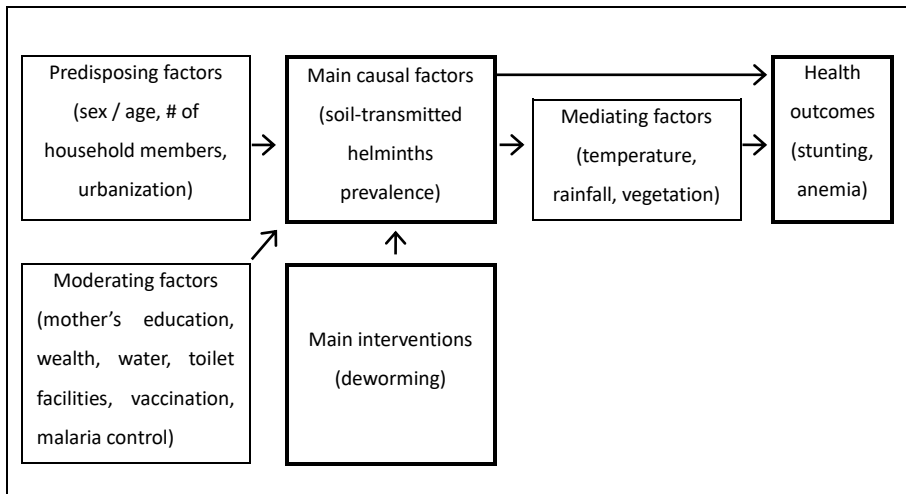


그림 1. 프로그램 이론에 따른 구충제 복용과 아동의 건강 결과

성별, 연령, 가구원 수 등 인구학적 요인은 선행 요인에 해당한다 (Magalhães et al., 2011a; Assoum et al., 2017). 도시화 정도와 같은 거주 형태 요인도 선행 요인에 해당한다. 건물이 잘 구축되지 않은 근교 (peri-urban) 지역이 도시 지역보다 토양매개기생충의 감염에 노출되기 쉽고, 인구 밀도가 높은 도시 지역이 교외 지역보다 토양매개기생충의 재감염에 노출될 가능성이 높다(Nicolay et al., 2015). 사회경제 요인은 중재 요인에 해당한다. 교육 수준, 소득 수준, 식수 및 위생 시설 등이 부족한 빈곤한 지역은 다른 지역에 비해 토양매개기생충의 예방과 치료가 어렵고 재감염에 시달리기 쉽다(Magalhães et al., 2011a; WHO, 2015; Houwelling et al., 2016; Stolk et al., 2016). 더불어 구충제 외의

보건 프로그램 요인으로서 백신 접종, 말라리아 통제 등이 토양매개기생충과 관련된 건강 결과인 발육부전 및 빈혈 등에 영향을 미칠 것으로 예상할 수 있다(Lo et al, 2018). 환경학적 요인 중 지표 온도, 강수량, 식생 등의 요인은 토양매개기생충의 서식 정도에 영향을 미쳐 매개 요인의 역할을 한다(Magalhães et al., 2011b; Chammartin et al., 2013; Nicolay et al., 2015; Assoum et al., 2017).

4. 다수준 분석 및 공간 분석의 필요성

계층화된(hierarchical) 자료란 개인과 지역, 개인과 학교, 개인과 병원처럼 수준이 2개 이상 존재하는 자료이다. 개인 자료로만 분석하였을 때에는 상위 수준의 특성에 의해 영향을 받는 것을 고려할 수 없다. 다수준 분석은 2개 이상의 수준을 분석 모형에 고려하여 개인 수준과 상위 수준의 영향을 모두 살펴볼 수 있다.

‘지역’은 다수준 분석에서 주로 사용하는 상위 수준이다. 지역이 서로 영향을 주고받는 전제로 그 효과를 고려하는 것이 공간 분석이다. 공간 의존성의 기본 원리는 서로 가까운 지역이 서로 멀리 떨어진 지역보다 더 유사한 특성을 나타낸다는 것이다(Pfeiffer et al., 2008). 지역 간 파급 효과(spillover effect)로 인해 인접 지역끼리 유사한 현상이 일어나는 동시에, 지역별 특성의 차이로 인해 공간 의존성이 달라져 공간적 이질성(heterogeneity)이 나타나게 된다. 지역별 특성 중 녹지 비율, 호수 및 바다와의 거리, 강수량, 상대 습도, 기온 등 지역의 지리학적 특성이 역학 및 사회경제적 요인에 영향을 미칠 수 있다(Burgert-Brucker et al., 2015). 감염병의 기전상 지역 간 거리와 지역별 특성이 중요한 변수에 포함될 수 있으므로 감염병 관련 연구에 공간 분석이 유용하다.

개인 수준보다 상위 수준의 분산과 특성이 유의미한 영향을 미치는

지 고려하기 위하여, 단일 국가 내에서 구충제 복용 및 토양매개기생충의 유병률에 대해 다수준 분석을 시도한 연구들이 존재한다(Moncayo et al., 2008; Oswald et al., 2017). 최근에는 GIS(geographic information system) 자료를 이용하여 토양매개기생충의 위험 분포를 시각화하는 공간 분석 연구들이 활발히 이루어지고 있다(Magalhães et al., 2011a; Chammartin et al., 2013; Karagiannis-Voules et al., 2015). 구충제 복용 프로그램이 기생충 유병률에 미치는 영향에 대해 단일 국가 내에서 공간 분석을 수행한 연구들도 존재한다(Nikolay et al, 2015; Assoum et al, 2017).

현재까지는 미취학 연령 아동의 구충제 복용이 건강 결과에 미치는 영향에 대해 여러 국가를 대상으로 다수준 분석 또는 공간 분석을 수행한 연구가 부족한 실정이다. 본 연구는 다수준 분석 및 공간 분석을 각각 실시하여 사하라이남 아프리카 국가의 개인 수준 및 행정구역 수준에서 미취학 연령 아동의 구충제 복용과 건강 결과의 연관성을 파악할 것이다.

제 2 절 연구 목적

본 연구의 목적은 사하라이남 아프리카 미취학 연령 아동의 구충제 복용과 건강 결과의 연관성을 분석하고 관련 요인을 파악하는 것이다. 구체적 목적은 다음과 같다.

1. 다수준 분석 연구 목적

첫째, GIS 자료를 활용한 자료 전처리를 수행하고 연구 변수별 기초

통계분석을 한다.

둘째, 상관분석 및 회귀분석을 실시하여 사하라이남 아프리카 미취학 연령 아동의 구충제 복용과 건강 결과의 연관성을 파악한다.

셋째, 개인 수준 및 행정구역 수준에서 다수준 로지스틱 회귀분석을 실시하여 사하라이남 아프리카 미취학 연령 아동의 구충제 복용과 건강 결과의 연관성을 파악한다.

2. 공간 분석 연구 목적

첫째, GIS 자료를 활용한 자료 전처리를 수행하고 연구 변수별 기초 통계분석 및 지도 시각화를 한다.

둘째, 행정구역 수준에서 공간자기상관분석을 실시하여 미취학 연령 아동의 구충제 복용 및 건강 결과에서 각각 공간자기상관성과 군집 현상을 파악한다.

제 2 장 선행 연구 고찰

제 1 절 구충제 복용과 아동의 건강 결과

Lo et al.(2018)은 미취학 연령 아동의 구충제 복용 여부가 몸무게, 키, 헤모글로빈 수치 등 건강 결과에 어떠한 영향을 주었는지 로지스틱 회귀분석으로 분석하였다. 2005년부터 2016년까지 DHS(Demographic and Health Surveys) 프로그램에서 수행된 45개국의 설문 자료를 이용하여 단면 연구를 수행하였다. 연령, 성별, 어머니의 연령, 가구 자산 순위, 거주 지역, 식수, 위생 시설, DPT(diphtheria-pertussis-tetanus) 백신 접종 등을 통제하기 위해 CEM(coarsened exact matching) 방식을 사용하였다. 사하라이남 아프리카만 따로 분석한 결과를 보면, 최근 6개월 이내에 구충제 복용을 하였다고 보고한 아동이 성장 저하나 빈혈을 겪을 확률이 통계적으로 유의하게 낮았다.

Taylor-Robinson et al.(2015)은 45개의 실험-대조군 연구로 수행한 체계적 문헌고찰을 통해 취학 연령 아동의 구충제 복용이 몸무게, 헤모글로빈 수치, 인지 능력, 신체적 웰빙, 학교 출석, 학교에서의 성과, 사망률 등에 어떠한 영향을 미치는지 확인하였다. 토양매개기생충에 감염된 것을 진단한 뒤 치료하였을 경우 6개월 이내로 몸무게가 유의하게 증가하였지만, 풍토(endemic) 지역의 모든 아동에게 구충제를 투약하였을 경우 효과가 매우 적거나 없었다고 평가하였다. Welch et al.(2017)은 52개 연구의 체계적 문헌고찰을 통해 중저소득 국가에서 구충제 복용 프로그램이 취학 연령 아동의 몸무게, 키, 성장 발달, 인지 발달, 학교 출석, 학교에서의 성과, 삶의 질, 사망률 등에 어떠한 영향을 미치는지

알아보고자 하였다. 그 결과 토양매개기생충을 대상으로 한 구충제 복용은 아동의 건강 결과에 효과가 매우 적거나 없었다고 보고하였고, 주혈흡충증에 대해 몸무게가 약간 증가하였다고 평가하였다. 장기적인 경제생산성, 인지 능력, 문맹률, 학교 등록 등에 대해서는 판단할 만한 충분한 근거를 찾지 못하였다.

구충제 복용과 같은 공중보건 프로그램이 아동의 건강 결과에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 논란이 계속되고 있다(Taylor-Robinson et al., 2015; Welch et al., 2017). 그러나 위와 같은 결과에 의문을 제기하는 측에서는, 토양매개기생충의 유병률이 낮은 지역에서 수행하였거나 짧은 기간 동안 수행한 임상 시험에서 결과가 충분히 드러나지 않았다고 해서 이를 일반화할 수 있는지 묻는다(Moncayo et al., 2008; Andrew et al., 2017). 또한 취학 연령 아동은 미취학 연령 아동에 비해 토양매개기생충의 재감염을 비롯한 여러 교란 요인에 노출될 확률이 높고, 건강 결과가 상대적으로 느리게 반영될 수 있다(Lo et al., 2018). 따라서 미취학 연령 아동은 취약 집단으로서 보건학적으로 관심을 요하는 인구 집단이기도 하나, 구충제 프로그램의 효과를 분석할 때에는 특히 이들의 건강 결과에 주목할 필요가 있다.

제 2 절 구충제 복용 및 토양매개기생충 관련 다수준 분석

Moncayo et al.(2008)은 에콰도르에서 구충제 복용을 1년 1~2회씩 15년 이상 해온 커뮤니티와 그렇지 않은 커뮤니티들을 선정하여 취학 연령 및 미취학 연령 아동의 토양매개기생충 유병률을 확인하는 단면 연구를 수행하였다. 다수준 로지스틱 회귀분석에서 연령, 성별, 어머니의

교육 수준, 가구 소득 등 개인 수준의 변수와 가구원 수, 위생 시설, 식수 이용, 구충제 복용 비율 등 커뮤니티 수준의 변수를 포함하였다. 자료의 부족으로 기후 관련 변수를 추가하지 못한 것을 연구의 한계 중 하나로 꼽았다. 편층에 대하여 통계적으로 유의한 유병률 감소가 나타났지만, 회층 및 십이지장층에서는 통계적으로 유의하지 않았다.

Oswald et al.(2017)은 에티오피아 일부 지역에서 커뮤니티의 위생 시설 이용이 취학 연령 아동의 토양매개기생충 유병률과 어떠한 연관성이 있는지 확인해보고자 단면 연구를 수행하였다. 다수준 회귀분석에서 연령, 성별, 학교 출석, 신발 착용, 구충제 복용, 위생 시설, 식수 등 가구 수준의 변수와 가구당 평균 자산, 인구 밀도, 지표 습도 등 커뮤니티 수준의 변수를 포함하였다. 그러나 기생충 종류별로 실시한 내용에서 통계적으로 유의한 결과를 얻을 수 없었다.

연구가 단일 국가의 일부 지역에서 수행되어 다수준 분석의 상위 수준이 커뮤니티 수준에 머무르면 통계적 유의성을 평가하기 어렵다는 것을 선행 연구들을 근거로 예측할 수 있다. 국가 전체 또는 인접한 여러 국가의 행정구역 수준에서 다수준 분석을 수행해볼 필요를 도출할 수 있다. 또한 토양매개기생충과 같이 감염병의 지리적 분포가 중요한 질병에서는 상위 수준에서 환경학적 변수를 고려하지 않았을 때 연구의 한계가 있다는 점을 확인할 수 있다(Moncayo et al., 2008).

제 3 절 구충제 복용 및 토양매개기생충 관련 공간 분석

Nikolay et al.(2015)은 케냐의 153개 학교에서 1년 간 2회의 구충제 프로그램이 시행된 전후를 비교하기 위해 토양매개기생충 위험에 대한 공간 분석을 수행하였다. 또한 구충제 복용의 효과가 지역(county)별,

학교별로 어떠한 요인에 의해 달라지는지 파악하기 위해 혼합 효과 모형을 이용한 회귀분석을 수행하였다. 토양매개기생충 감염의 감소율이 지역에 따라 공간 이질성을 가진다는 것을 확인하였고, 지표 온도, 식생 지수 등 환경학적 변수, 식수 위생 지표, 경제 지표, 보건 서비스 지표가 지역 및 학교별로 유의하였다고 밝혔다. Assoum et al.(2017)은 2007년부터 2014년까지 브룬디에서 8년간 수행된 학교 기반 구충제 프로그램의 효과를 평가하였다. 행정구역별 취학 연령 아동의 토양매개기생충 유병률을 계산하여 지표면 온도, 흙 종류, 인구 밀도 등도 함께 고려하였다. 베이지언 지리통계 모형으로 시공간 분석을 수행한 결과, 시간의 흐름에 따라 기생충 종류별 질병 군집의 분포가 이질적으로 변화하는 것을 예측할 수 있었다.

Magalhães et al.(2011a)은 서아프리카 3개국(부르키나 파소, 말리, 가나)에서 식수 위생이 아동의 십이지장충 및 주혈흡충증 위험에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다. 가구 수준으로 베이지언 지리통계 모형을 활용하였다. 식수, 위생 시설, 가구 바닥 종류, 어머니의 교육 수준, 가구 원 수, 교외/도시 여부, 지표면 온도, 정규 식생 지수(normalized difference vegetation index) 등이 기생충 위험에 미치는 영향을 예측하였다. 이를 기반으로 예방화학요법과 식수 위생 프로그램이 함께 결합되어야 함을 시사하였다. Karagiannis-Voules et al.(2015)은 캄보디아에서 식수 위생, 교육, 영양 등 사회경제적 요인이 토양매개기생충의 유병률에 미치는 영향을 분석하고 예측하기 위해 마을 수준 및 개인 수준으로 베이지언 및 가우시안 지리통계 모형을 활용하였다. 개인 수준 분석에서는 환경학적 요인도 함께 고려하였다. 그러나 통계적으로 유의한 결과를 얻지 못하였고, 이는 마을 간 또는 마을 내의 이질성이 컸기 때문일 것이라고 해석하였다.

공간 분석을 수행한 연구들에 따르면, 토양매개기생충의 분포와 구

충제 복용을 평가할 때에 대상 인구의 사회경제적 특성뿐 아니라 대상 지역의 환경학적 요인을 포함하는 것이 중요하며 공간 이질성과 공간의 상호작용을 고려하는 것이 필요하다는 것을 확인할 수 있다.

제 3 장 연구 방법

제 1 절 연구 자료 및 대상

1. 연구 자료

본 연구에서 주로 활용할 자료는 USAID(United States Agency for International Development)의 DHS 프로그램의 자료이다. DHS는 1984년부터 현재까지 약 90여개의 개발도상국에서 약 5년마다 총 400회 이상 이루어진 설문조사이며 표준 DHS(standard DHS)가 기본적인 형태이다. 주로 다루는 주제는 가족 계획, 젠더, 말라리아, 모성 건강, 영양 등이다. AIS(AIDS indicator survey), MIS(malaria indicator survey), SPA(service provision assessment) 등 다양한 조사를 추가로 진행하기도 한다.

DHS는 표본을 선정할 때 국가별로 2단계 집락 추출(two-stage cluster sampling)을 실시한다. 보통 첫번째 단계의 행정구역을 기준으로 표본 추출을 하여 조사구(cluster)를 선정하고, 각 조사구 내에서 다시 표본 추출을 하여 설문 대상 가구를 선정한다. 최종적으로 약 5,000~30,000 가구의 15~49세에 해당하는 개인이 설문 대상자가 된다.

설문조사 자료는 변수에 따라 개인 수준뿐만 아니라 가구 및 조사구 수준으로 정리되어 제공된다. 웹사이트를 통해 누구나 별도의 비용 없이 DHS 자료를 신청할 수 있고(<https://dhsprogram.com/>) 자료 관리자의 승인을 받은 뒤 이용할 수 있다. 조사구 수준의 GIS 자료는 추가적인 신청 및 승인 절차가 요구된다.

본 연구는 2019년 4월 기준, 각 국가별로 2010년부터 2018년 사이 가장 최근에 수행된 표준 DHS 자료를 이용하였다. 표준 DHS 자료 중 어머니가 설문에 참여한 0~59개월 출생 아동의 조사 기록인 ‘children’s recode’, 조사구 수준의 GIS 자료인 ‘geographic data’ 및 ‘geocovariate data’ 등을 주요 분석 자료로서 활용하였다.

2. 연구 대상 및 분석 수준

연구 지역은 사하라이남 아프리카에 위치한 46개 국가^③ 중 28개 국가들이다(표 1). 분석 대상 국가는 2010년부터 2018년 사이 가장 최근에 수행된 표준 DHS 자료와 GIS 자료에 모두 접근 가능한 국가들로 선정하였다. 분석 대상 국가 모두 5세 미만 아동의 구충제 복용 여부에 대한 자료가 존재한다. 코모로는 섬에 해당하는 국가로서 행정구역이 3개에 불과해, 공간 효과를 고려한 분석이 어려울 것으로 판단하여 제외하였다. 앙골라는 5세 미만 아동의 구충제 복용 여부에 대한 자료가 존재하지 않아 제외하였다.

^③ <http://www.africa.undp.org/content/rba/en/home/regioninfo.html>

표 1. 분석 대상 국가 및 DHS 자료 요약

African region ^{a)}	Country	Income group ^{b)}	Year (DHS Phase)	N of admin 2 ^{c)}	N of respondents
Central	Cameroon	LM	2011 (6)	58	11,732
	Chad	L	2014-15 (7)	55	18,623
	DR Congo	L	2013-14 (6)	240	18,716
	Gabon	UM	2012 (6)	37	6,067
East	Burundi	L	2016-17 (7)	133	13,192
	Ethiopia	L	2016 (7)	79	10,641
	Kenya	LM	2014 (7)	301	20,964
	Malawi	L	2015-16 (7)	256	17,286
	Mozambique	L	2011 (6)	129	11,102
	Rwanda	L	2014-15 (7)	30	7,856
	Tanzania	L	2015-16 (7)	183	10,233
	Uganda	L	2016 (7)	166	15,522
	Zambia	LM	2013-14 (6)	72	13,457
	Zimbabwe	L	2015 (7)	60	6,132
Southern	Lesotho	LM	2014 (7)	10	3,138
	Namibia	UM	2013 (6)	107	5,046
	South Africa	UM	2016 (7)	52	3,548
West	Benin	L	2017-18 (7)	76	13,589
	Burkina Faso	L	2010 (6)	45	15,044
	Cote d'Ivoire	LM	2011-12 (6)	33	7,776
	Ghana	LM	2014 (7)	137	5,884
	Guinea	L	2012 (6)	34	7,039
	Liberia	L	2013 (6)	66	7,606
	Mali	L	2012-13 (6)	50	10,326
	Nigeria	LM	2013 (6)	775	31,482
	Senegal	L	2010-11 (6)	45	12,326
	Sierra Leone	L	2013 (6)	14	11,938
	Togo	L	2013-14 (6)	21	6,979

a) from <https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/> (UN)

b) L: low, LM: lower middle, UM: upper middle (World Bank).

c) admin 2: level 2 administrative area.

분석 수준은 개인 수준과 행정구역 수준으로 나뉜다. 먼저 개인 수준의 분모 기준(survey base)은 다음과 같다(그림 2). 28개 국가의 0~59개월 아동 323,244명 중 DHS 조사구의 GIS 정보가 존재하지 않거나 변수 값이 존재하지 않는 4,994명을 분석에서 제외하였다. 그 중 12~59개월에 해당하는 생존 아동이면서 설문 대상 가정에 주로 거주하는(de jure) 상태의 아동인 229,247명만을 포함하였다. 주요 독립변수인 구충제 복용에 대한 질문에 결측치를 가지는 아동 9,805명을 추가로 제외하였다. 최종 분석 대상 인구는 발육부전과 빈혈이라는 두 가지 건강 결과 중 어느 것을 종속변수로 하느냐에 따라 달라진다. 발육부전을 측정한 아동 130,201명이 발육부전 변수에 대한 분석 대상 인구로 최종 선정되었다. 이 중 빈혈을 추가로 측정한 아동은 23개 국가 내(나이지리아, 라이베리아, 잠비아, 차드, 케냐 제외) 77,009명이며, 이들이 빈혈 변수에 대한 분석 대상 인구로 최종 선정되었다.

행정구역 수준은 Global Administrative Areas의 GADM 데이터베이스가 정의하는 국가 행정구역 중 두 번째 단계인 레벨 2로 하였다. 예외적으로 레소토는 GADM 데이터베이스에서 제공하는 자료의 수준에 따라 분석 수준을 레벨 1로 하였다. 분석 대상 지역은 발육부전 변수 기준 28개 국가의 총 3,264개 행정구역이다. 이 중 행정구역 내 조사구의 GIS 정보가 존재하지 않는 443개는 분석에서 제외하여 최종 2,821개 행정구역이 분석 대상 지역으로 선정되었다(그림 3). 빈혈 변수 기준 23개 국가의 총 1,995개 행정구역 중 최종 1,833개 행정구역이 분석 대상 지역으로 선정되었다(그림 4).

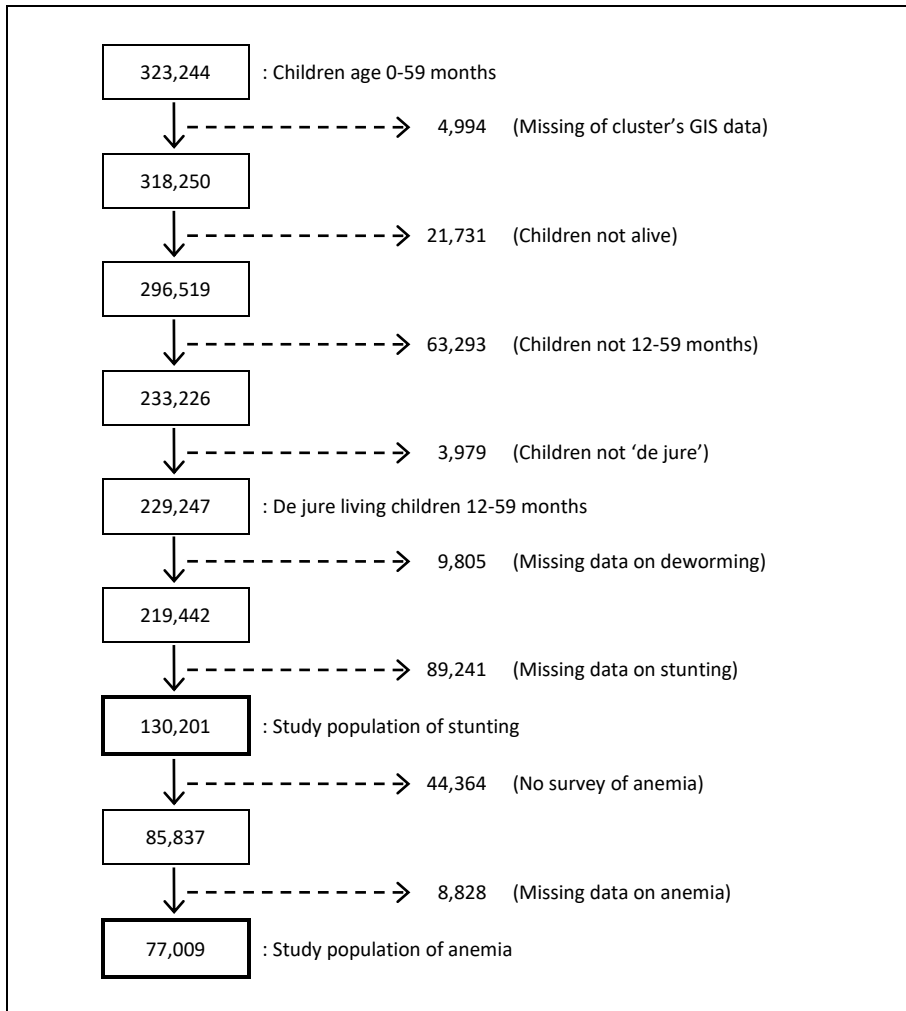


그림 2. 연구 대상 선정 및 제외 흐름도

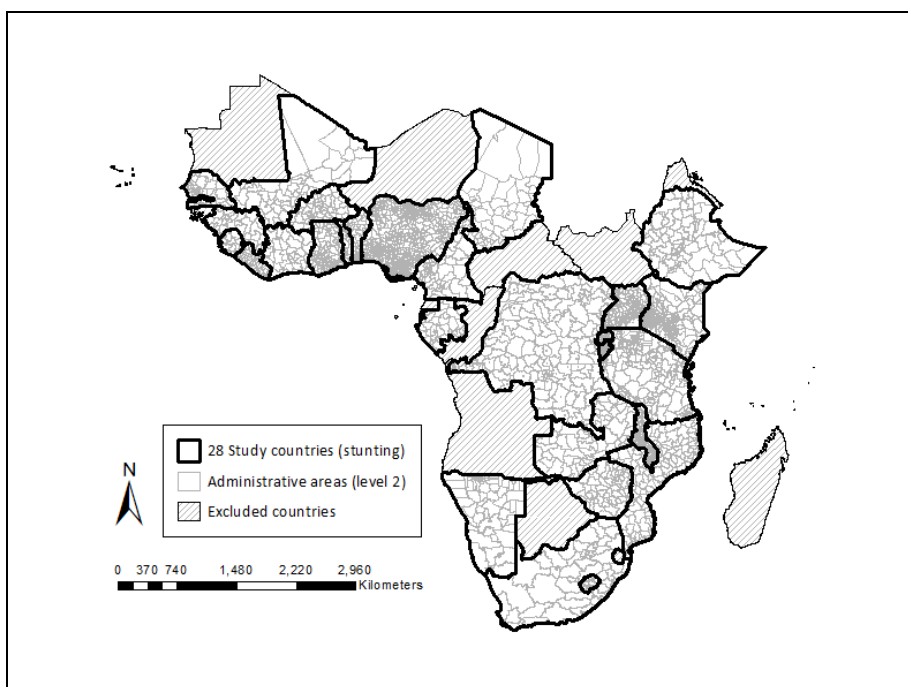


그림 3. 발육부전 변수 기준 분석 대상 지역(28개국)

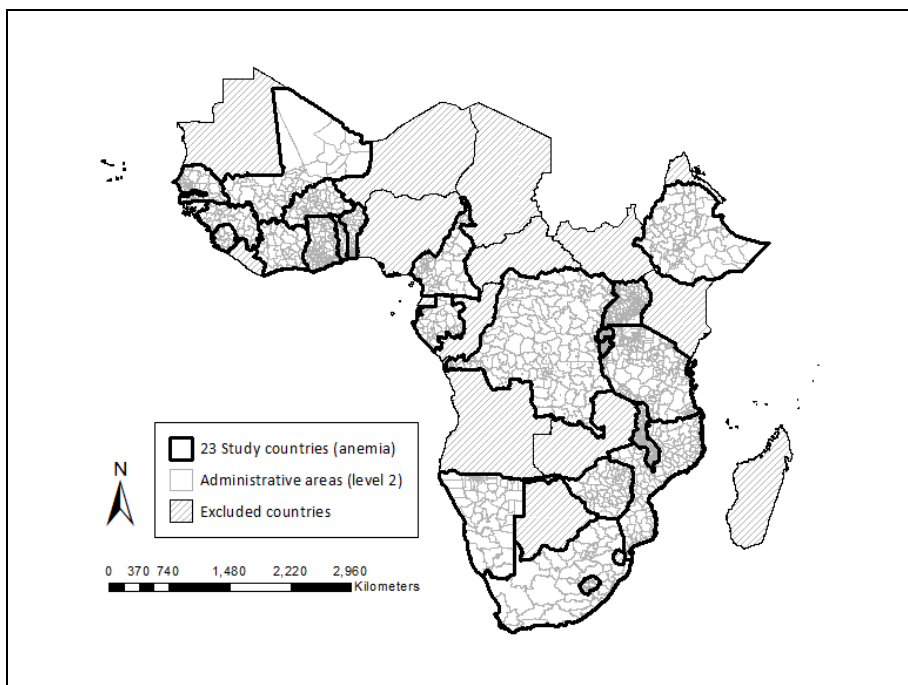


그림 4. 빈혈 변수 기준 분석 대상 지역(23개국)

제 2 절 연구 변수

연구 변수는 선행 연구 고찰을 통해 다음과 같은 연구 모형으로 정리하였다(그림 5). DHS에서 제안하는 통계량을 참고하여(Croft et al., 2018), 다음과 같이 변수의 조작적 정의를 하였다(표 2).

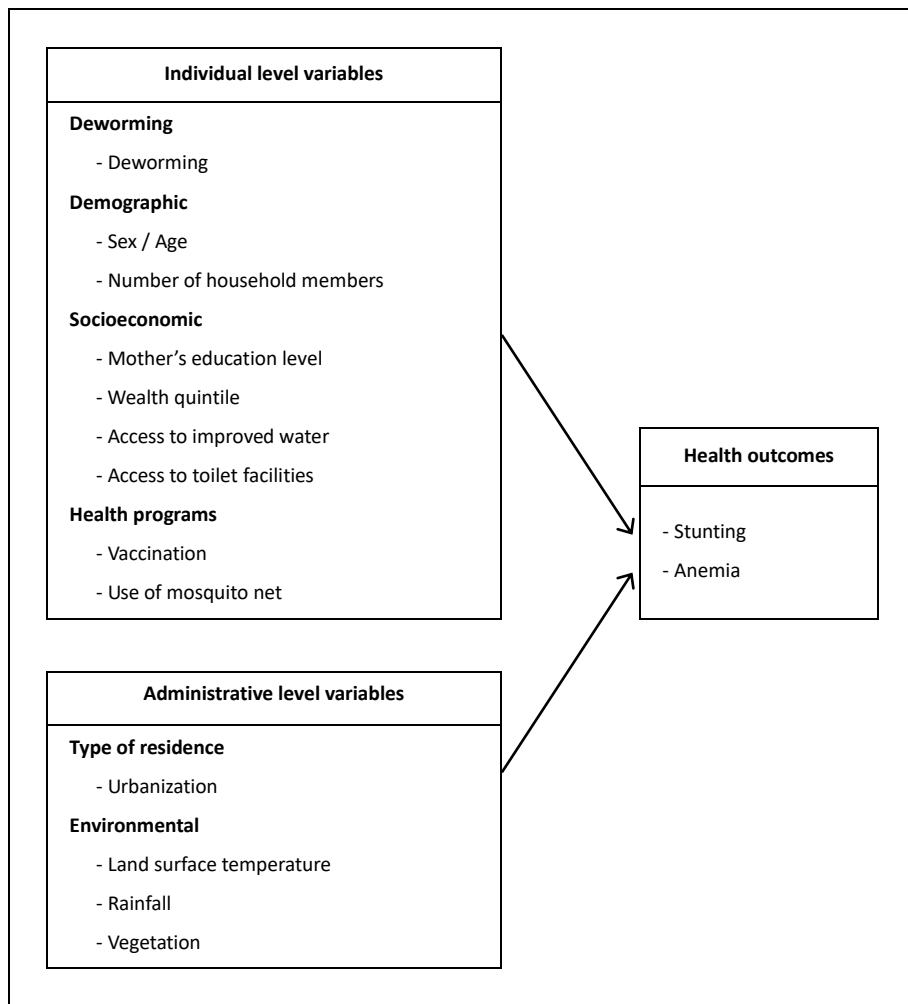


그림 5. 다수준 분석 연구 모형

1. 종속변수

본 연구의 주요 종속변수는 5세 미만 미취학 연령 아동의 건강 상태를 판단할 수 있는 지표인 발육부전(stunting)과 빈혈(anemia)이다. 토양매개기생충은 사망보다 이환의 관점에서 더 큰 질병 부담을 일으키므로 아동의 영양 및 건강 상태에 초점을 맞춘 지표를 선정하였다. 발육부전 기준은 중등도 이상인 경우로 정의하였다. 중등도 이상의 발육부전이란 연령 대비 키(height-for-age)의 z-점수가 세계보건기구의 아동 성장 표준(child growth standards)의 평균에 비해 -2.0 표준편차 미만인 상태를 의미한다. 발육부전 변수를 종속변수로 사용하는 모형의 분모 기준은 키나 연령을 측정한 아동으로 한정하였으며 결측치인 아동은 최종 분석 대상에서 제외하였다. 빈혈 기준은 혈중 헤모글로빈 11g/dl 미만으로 정의하였다. 빈혈 변수를 종속변수로 사용하는 모형의 분모 기준은 혈액 검사에 선정된 가구 내에서 혈액 검사를 받은 아동으로 한정하였으며 결측치인 아동은 최종 분석 대상에서 제외하였다.

2. 독립변수 및 통제변수

본 연구의 주요 독립변수는 설문 시점을 기준으로 최근 6개월 이내 구충제 복용 여부이다. 복용 여부를 알 수 없다고 응답한 경우 복용하지 않은 것으로 보았으며 결측치인 아동은 최종 분석 대상에서 제외하였다.

인구학적 변수는 성별, 연령, 가구원 수 등이다. 24개월을 기준으로 키를 측정하는 방법이 달라지므로 연령은 12~23개월, 24~59개월로 나누었다(Abeway et al., 2018). 가구원 수는 5인 이하, 6~10인, 11인 이상인 경우로 범주를 정하였다.

사회경제 변수는 교육 수준, 자산 분위, 식수, 위생 시설 등이다. 교

육 수준 관련 지표는 아동의 어머니가 교육받은 경험이 있는지를 보았고 결측치인 경우 교육받은 경험이 없는 것으로 보았다. 자산 분위 관련 지표는 DHS에서 정의하는 자산 지표 5분위로 하였다. DHS는 가구별 텔레비전, 승용차, 주거지 특성, 식수, 화장실 종류 등 특정 자산 목록을 고려하여 가구 자산 지표를 5분위로 산정한다. 식수 관련 지표는 개선된 식수를 이용하는 가구에 속한 아동인지를 보았고, 위생 시설 관련 지표는 개선된 위생 시설을 이용하는 가구에 속한 아동인지를 보았다. 세계보건기구 및 유니세프(UNICEF)의 식수 및 위생 가이드라인에 대한 JMP(Joint Monitoring Programme)에 따라, 개선된 식수 및 위생 시설을 각각 정의하였다. 가이드라인에 의하면 병에 담긴 물은 경우에 따라 개선된 식수로 볼 수도 있지만 본 연구에서는 개선되지 않은 식수로 정의하였다. 결측치 또한 개선되지 않은 식수의 범주로 포함하였다. 이웃과 공유하는 화장실, 야외 용변, 결측치 등은 개선되지 않은 위생 시설의 범주로 포함하였다.

보건 프로그램 변수는 백신 접종, 모기장 취침 등이다. 백신 접종 관련 지표는 DPT 백신을 3차까지 접종한 아동으로 하였다. 접종 여부를 알 수 없다고 응답했거나 결측치인 경우에는 모두 접종하지 못한 것으로 간주하였으며, 백신 카드에 표시가 되어있거나 어머니로부터 보고된 경우에는 접종한 것으로 보았다. 말라리아 등 모기가 매개하는 감염병에 대한 지표는 전날 모기장 내에서 취침하였는지 여부를 대리 지표로 선정하였다. 모기장은 살충제 처리 여부에 관계 없이 모두 포함하였다. 결측치의 경우 모기장 내에서 취침을 하지 않은 것으로 보았다. 레소토와 남아프리카 공화국에서는 본 변수가 측정되지 않아, 결측치로 간주하여 처리하였다.

다음은 조사구 수준의 자료를 행정구역 수준으로 다시 계산한 통제 변수에 대한 설명이다. DHS는 도시 지역은 2km, 교외 지역은 10km의

완충(buffer)을 두어 조사구 수준의 자료를 약 5년 단위로 계산해 제공하고 있다.

거주 형태 변수는 도시화 정도를 살펴보았다. 도시화 정도와 관련된 지표로 Global Human Settlement Layer(GHSL) 프로젝트의 자료를 기반으로 계산하여 DHS가 제공하는 ‘built-up index’를 활용하였다. Built-up index는 원격 탐사(remote sensing) 기술로 얻은 고해상도의 이미지 자료를 분석한 결과로서, DHS 조사구를 기준으로 완전한 교외(rural) 지역을 의미하는 0에서 완전한 도시(urban) 지역을 의미하는 1 사이의 값을 가진다. 본 연구에서는 이를 0에서 100 사이의 값으로 환산하여 2014년 조사구별 평균 built-up index를 행정구역별로 재계산하였다.

환경학적 변수는 지표 온도, 강수량, 식생 지수 등이다. 지표 온도 관련 지표는 연간 평균 지표면 온도(℃)를 활용하였다. 위성으로부터 관측한 Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer(MODIS)의 자료를 분석하여 DHS가 제공한다. 본 연구에서는 2015년 조사구별 평균 지표면 온도를 행정구역별로 재계산하였다. 강수량 관련 지표는 연간 평균 강수량(mm)을 활용하였다. 위성으로부터 관측한 Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations(CHIRPS)의 자료를 분석하여 DHS가 제공한다. 본 연구에서는 이를 cm 단위로 환산하여 2015년 조사구별 평균 강수량을 행정구역별로 재계산하였다. 식생 지수 관련 지표는 MODIS의 자료를 분석하여 DHS가 제공하는 개량 식생 지수(enhanced vegetation index) 값을 활용하였다. 초목이 가장 적은 것을 의미하는 0에서 가장 많은 것을 의미하는 10000까지의 값을 가진다. 본 연구에서는 이를 0에서 100 사이의 값으로 환산하여 2015년 조사구별 평균 개량 식생 지수를 행정구역별로 재계산하였다.

표 2. 개인 수준 및 행정구역 수준 변수의 정의

Dependent variables	Description	Remarks
Stunting	Height-for-age z-score < -2.0 SD below the mean on the WHO standards	0 = No 1 = Yes
Anemia	Hemoglobin count < 11g/dl	0 = No 1 = Yes
Independent variables	Description	Remarks
Individual level variables		
Deworming		
Deworming	Deworming in last 6 months	0 = No 1 = Yes
Demographic		
Sex	Sex of child	0 = Male 1 = Female
Age (months)	Current age of child	0 = 12-23 1 = 24-59
# of household members	Number of household members	0 = ≤ 5 1 = 6-10 2 = ≥ 11
Socioeconomic		
Mother's education level	Mother's highest education level	0 = None 1 = Primary 2 = Higher
Wealth quintile	Household's wealth quintile	0 = Poorest 1 = Poorer 2 = Middle 3 = Richer 4 = Richest
Drinking water (improved)	Household's source of drinking water	0 = No 1 = Yes
Toilet facilities (improved)	Household's type of toilet facilities	0 = No 1 = Yes
Health programs		
Vaccination (DPT3)	Receipt of 3rd dose of DPT vaccine	0 = No 1 = Yes
Use of mosquito net	Slept under any mosquito net last night	0 = No 1 = Yes

Administrative level variables		
Type of residence		
Urbanization (0-100)	Built-up index between 0 (extremely rural) and 100 (extremely urban)	Continuous
Environmental		
Land surface temperature (°C)	Average annual land surface temperature (°C)	Continuous
Rainfall (cm)	Average annual rainfall (cm)	Continuous
Vegetation (0-100)	Average enhanced vegetation index between 0 (least vegetation) and 100 (extremely vegetation)	Continuous

제 3 절 분석 방법

본 연구는 28개 국가의 2,821개 행정구역 및 130,201명(빈혈 변수 기준 23개 국가, 1,833개 행정구역 및 77,009명)의 미취학 연령 아동을 대상으로 수행하는 단면 연구로서 다수준 분석과 공간 분석을 각각 수행하였다. 다수준 분석을 위한 과정은 다음과 같다. 첫째, 개인 수준 및 행정구역 수준 변수에 대해 자료 전처리 후 기초통계분석을 한다. 둘째, 개인 수준 변수에 대해 선형회귀분석 등을 수행하고, 셋째, 행정구역별 특성을 고려하기 위해 다수준 로지스틱 회귀분석을 수행한다. 공간 분석을 위한 과정은 다음과 같다. 첫째, 개인 수준 변수를 행정구역 수준으로 재계산하여 주요 변수에 대해 지도 시각화를 한다. 둘째, 재계산한 행정구역 수준 변수에 대해 공간가중행렬을 적용하여 전역적 및 국지적 Moran's I를 이용한 공간자기상관분석을 수행하고 군집을 탐색한다. 주요 분석 도구는 R 3.5.1, SAS 9.4, GeoDa 1.12.1, ArcMap 10.6.1 등을 사용하였다.

1. 다수준 분석

1) 자료 전처리 및 기초통계분석

GIS 자료의 형태는 크게 벡터(vector)와 래스터(raster)로 나뉘어진다. 벡터 자료의 속성은 점(point), 선(line), 폴리곤(polygon) 등이며 래스터 자료의 속성은 셀(cell), 격자(grid) 등이다.

본 연구의 개인 수준 변수는 DHS가 개인 응답자별로 제공하는 자료를 활용하였으나 행정구역 수준 변수는 DHS가 조사구별로 제공하는 GIS 자료를 활용하여 평균값으로 재계산하였다. 해당 GIS 자료는 각 조

사구마다 위·경도 정보가 할당되어 있는 점 자료이다. 연구의 분석 수준은 국가 행정구역 레벨 2이지만 DHS에서는 보통 행정구역 레벨 1까지의 정보만을 제공한다. 따라서 각 조사구가 어떤 행정구역에 해당하는지 ‘point-in-polygon’ 개념을 활용하여 결합하는 과정을 거쳤다. 통계 프로그램은 R 3.5.1을 사용하였다. 이어서 개인 수준 변수와 행정구역 수준 변수에 대하여 기초통계분석을 실시하였다. 통계 프로그램은 SAS 9.4를 사용하였다.

2) 상관분석 및 회귀분석

각 변수의 상관성과 선형 관계를 파악하기 위해 상관분석 및 로지스틱 회귀분석을 수행하였다. 상관분석은 개인 수준과 행정구역 수준을 모두 포함하여 변수간 다중공선성이 높게 나타나지 않는지 확인하였다. 로지스틱 회귀분석은 연속형인 행정구역 수준을 제외하고 범주형인 개인 수준만을 포함하였다. 통계 프로그램은 SAS 9.4를 사용하였다.

3) 다수준 로지스틱 회귀분석

다수준 분석이란 계층화된 자료에서 상위 수준에 속한 하위 수준의 자료가 상위 수준의 특성에 독립적일 수 없다는 것을 고려하여 분석하는 방법이다(Twisk, 2006). 하위 수준의 자료만으로 분석할 때 발생하기 쉬운 해석의 어려움을 줄일 수 있고, 상위 수준의 자료만으로 분석할 때 발생하기 쉬운 생태학적 오류(ecological fallacy)를 방지할 수 있다. 다수준 분석 결과를 해석할 때 활용하는 값으로서 급내상관계수(intraclass correlation coefficient 또는 ICC) 값이 있다. 이는 상위 수준 간 변동을 상위 수준 내 변동과 상위 수준 간 변동의 합인 총 변동으로 나눈 값이다. 급내상관계수 값이 클수록 상위 수준 내 변동이 작고 상위 수준 간 변동이 크다는 것을 의미한다.

본 연구에서는 개인 수준뿐만 아니라 행정구역 수준의 특성이 결과에 유의미한 영향을 미치는지 알아보기 위해 개인 수준 및 행정구역 수준의 변수를 모두 포함하여 다수준 로지스틱 회귀분석을 수행하였다. 절편만을 포함한 기초 모형(모형 1), 개인 수준 변수만을 포함한 모형(모형 2), 개인 수준 변수와 행정구역 수준 변수를 모두 포함한 모형(모형 3)을 사용하였다. 통계 프로그램은 SAS 9.4를 사용하였다.

2. 공간 분석

1) 기초통계분석 및 지도 시각화

공간 분석에 앞서 다수준 분석에서 활용한 개인 수준 자료를 행정구역 수준으로 재계산하였다(표 3). DHS 자료에서 조사구별로 제공하는 가중치를 적용하였다. 통계 프로그램은 R 3.5.1, SAS 9.4 등을 사용하였다.

주요 변수별 평균값을 행정구역 단위로 한눈에 파악하기 위하여 코로플레스(choropleth) 지도로 시각화 하였다. 코로플레스 지도란 각 단위 지역을 특정 색상으로 채워 정보를 나타내는 시각화 방법이며 구성요소는 범례, 방위, 축적 등이 있다. 통계 프로그램은 GeoDa 1.12.1 및 ArcMap 10.6.1을 사용하였다.

표 3. 재계산한 행정구역 수준 변수의 정의

Dependent variables	Description	Remarks
Stunting (%)	Children whose height-for-age z-score < -2.0 SD below the mean on the WHO standards (%)	Continuous
Anemia (%)	Children whose hemoglobin count < 11g/dl (%)	Continuous
Independent variables	Description	Remarks
Individual level variables		
Deworming		
Deworming (%)	Children who received deworming in last 6 months	Continuous
Demographic		
Sex (female %)	Children who are female (%)	Continuous
Age (12-23 months %)	Children age 12-23 months (%)	Continuous
# of household members (> 5 %)	Children in household with > 5 members (%)	Continuous
Socioeconomic		
Mother's education (educated %)	Children whose mother had been educated (%)	Continuous
Wealth quintile (poor %)	Children in household poorest or poorer quintile	Continuous
Drinking water (improved %)	Children in household using improved drinking water	Continuous
Toilet facilities (improved %)	Children in household using improved toilet facilities	Continuous
Health programs		
Vaccination (DPT3 %)	Children who received 3rd dose of DPT vaccine	Continuous
Use of mosquito net (%)	Children who slept under mosquito net last night	Continuous
Administrative level variables		
Type of residence		
Urbanization (0-100)	Built-up index between 0 (extremely rural) and 100 (extremely urban)	Continuous
Environmental		
Land surface temperature (°C)	Average annual land surface temperature	Continuous
Rainfall (cm)	Average annual rainfall	Continuous
Vegetation (0-100)	Average enhanced vegetation index between 0 (least vegetation) and 100 (extremely vegetation)	Continuous

2) 공간자기상관분석

Wakefield et al.(2000)은 다른 영향 요인을 모두 고려하였는데도 남아있는 공간적 패턴을 공간 군집 현상이라고 정의하였다. 공간적 패턴이 우연히 일어난 것이 아니라 공간 군집의 형태로 통계적으로 유의미할 경우 공간자기상관성이 존재한다고 본다. Moran(1948)이 공간자기상관에 대한 계량분석을 최초로 시도한 이후, Cliff & Ord(1973) 등이 이론을 정립하였다. 폴리곤 속성의 자료를 활용하는 경우 전역적(global) Moran's I, Geary's c, Tango's MEET 등의 지수를 통해 전역적 공간자기상관을, 국지적(local) Moran's I, Getis and Ord's Local Gi(d) 등의 지수를 통해 국지적 공간자기상관을 확인할 수 있다.

대표적으로 사용되는 Moran's I 지수는 피어슨(Pearson's) 상관계수와 비슷한 개념으로 이해할 수 있다. 대상 지역 내의 인접한 지역 간 얼마나 유사한지 하나의 값으로 나타내는 통계량이다. 일반적으로 -1에서 +1 사이의 값을 가진다. 양의 값을 가질수록 인접한 지역 간 유사한 특성을, 음의 값을 가질수록 인접한 지역 간 다른 특성을 갖는 것을 의미하며, 0에 가까울수록 공간적으로 무작위 패턴을 갖는 것을 의미한다. Moran's I는 z-검정을 통해 통계적 유의성을 판단할 수 있다. 전역적 Moran's I를 통해 연구 대상 지역 전반적으로 공간자기상관이 존재하는지 여부를 확인할 수 있다. 국지적 Moran's I로는 어떠한 특정 지역에서 핫스팟(hot-spot)과 콜드스팟(cold-spot) 등과 같은 공간 군집 현상이 나타나는지 확인할 수 있다. 핫스팟이란 기대값과 관측값이 모두 높은 지역을 의미하고 콜드스팟이란 기대값과 관측값이 모두 낮은 지역을 의미한다. 공간자기상관분석을 할 때에는 지역의 인접성을 정의하는 공간가중행렬(spatial weights matrix)이 필요하다. 공간가중행렬이란 특정 지역에서 먼 지역보다 가까운 지역에 더 큰 가중치를 부여하는 규칙을 의미한다. 이웃 지역은 인접성 또는 거리에 근거하여 정의될 수 있고,

인접성을 기준으로 한 방법 중 주로 사용되는 것은 룩(rook) 인접성(폴리곤의 경계선을 공유하는 경우)과 퀸(queen) 인접성(폴리곤의 경계선 또는 꼭지점을 공유하는 경우)이 있다.

본 연구에서는 주요 공간자기상관성 지수로 전역적 Moran's I와 국지적 Moran's I를 활용하였으며, 퀸 인접성을 기준으로 한 공간가중행렬을 정의하여 분석하였다. 통계 프로그램은 GeoDa 1.12.1 및 ArcMap 10.6.1을 사용하였다.

제 4 장 연구 결과

제 1 절 다수준 분석 결과

1. 기초통계분석 결과

1) 연구 대상자 및 대상 지역의 특성

개인 수준 변수의 기초통계분석 결과(표 4), 발육부전 변수 기준으로 연구 대상 미취학 연령 아동 130,201명 중 51,800명(39.9%; 이하 가중치 적용 비율)은 중등도 이상의 발육부전에 해당하였고, 56,705명(43.1%)은 최근 6개월 이내에 구충제를 복용하였다. 빈혈 변수 기준(표 5), 연구 대상자 77,009명 중 48,219명(62.2%)는 빈혈에 해당하였고, 35,923명(45.6%)는 최근 6개월 이내에 구충제를 복용하였다. 대상 아동의 어머니가 교육을 받은 적이 없는 경우는 종속변수 별로 각각 41.1%, 42.0%였다. 개선된 식수를 섭취하는 가구에 속한 아동은 각각 63.4%, 66.6%였다. 개선된 위생 시설을 이용하는 가구에 속한 아동은 각각 39.8%, 40.7%로서 식수 관련 변수에 비해 낮은 수치를 보였다. DPT3를 3차까지 접종한 경험이 있는 아동의 비율은 각각 58.8%, 59.7%로 나타났다. 말라리아 등 모기가 옮기는 감염병에 대한 대리 지표로서 전날 모기장에서 취침한 아동의 비율은 각각 41.6%, 44.5%로 나타났다.

표 4. 개인 수준 변수 기초통계분석 결과(발육부전)

Dependent variables	Remarks	Not weighted		Weighted	
		N	%	N	%
Stunting	No	78401	60.22	77999.85	60.12
	Yes	51800	39.78	51731.80	39.88
Independent variables	Remarks	Not weighted		Weighted	
		N	%	N	%
Individual level variables					
Deworming					
Deworming	No	73496	56.45	73869.49	56.94
	Yes	56705	43.55	55862.15	43.06
Demographic					
Sex	Male	65347	50.19	65164.36	50.23
	Female	64854	49.81	64567.29	49.77
Age (months)	12-23	34708	26.66	34552.56	26.63
	24-59	95493	73.34	95179.08	73.37
# of household members	≤ 5	51866	39.84	52887.58	40.77
	6-10	62590	48.07	61608.00	47.49
	≥ 11	15745	12.09	15236.07	11.74
Socioeconomic					
Mother’s education level	None	53791	41.31	53354.18	41.13
	Primary	45897	35.25	45987.02	35.45
	Higher	30513	23.44	30390.44	23.43
Wealth quintile	Poorest	31858	24.47	29420.79	22.68
	Poorer	27953	21.47	28429.16	21.91
	Middle	25538	19.61	25837.40	19.92
	Richer	24190	18.58	24758.86	19.08
	Richest	20662	15.87	21285.44	16.41
Drinking water (improved)	No	47723	36.65	47437.04	36.57
	Yes	82478	63.35	82294.60	63.43
Toilet facilities (improved)	No	79526	61.08	78067.08	60.18
	Yes	50675	38.92	51664.56	39.82
Health programs					
Vaccination (DPT3)	No	53087	40.77	53439.79	41.19
	Yes	77114	59.23	76291.86	58.81
Use of mosquito net	No	75014	57.61	75713.98	58.36
	Yes	55187	42.39	54017.67	41.64
Total		130201	100.0	129731.64	100.00

표 5. 개인 수준 변수 기초통계분석 결과(빈혈)

Dependent variables	Remarks	Not weighted		Weighted	
		N	%	N	%
Anemia	No	28790	37.39	29218.23	37.81
	Yes	48219	62.61	48049.63	62.19
Independent variables	Remarks	Not weighted		Weighted	
		N	%	N	%
Individual level variables					
Deworming					
Deworming	No	41086	53.35	42017.41	54.38
	Yes	35923	46.65	35250.46	45.62
Demographic					
Sex	Male	38632	50.17	38782.63	50.19
	Female	38377	49.83	38485.24	49.81
Age (months)	12-23	20843	27.07	20809.92	26.93
	24-59	56166	72.93	56457.95	73.07
# of household members	≤ 5	30915	40.14	31695.03	41.02
	6-10	36336	47.18	36360.33	47.06
	≥ 11	9758	12.67	9212.51	11.92
Socioeconomic					
Mother’s education level	None	31889	41.41	32441.28	41.99
	Primary	28068	36.45	28144.19	36.42
	Higher	17052	22.14	16682.40	21.59
Wealth quintile	Poorest	19333	25.10	17587.94	22.76
	Poorer	16241	21.09	16936.28	21.92
	Middle	14872	19.31	15624.09	20.22
	Richer	14340	18.62	14927.13	19.32
	Richest	12223	15.87	12192.42	15.78
Drinking water (improved)	No	25265	32.81	25811.46	33.41
	Yes	51744	67.19	51456.41	66.59
Toilet facilities (improved)	No	45710	59.36	45795.76	59.27
	Yes	31299	40.64	31472.11	40.73
Health programs					
Vaccination (DPT3)	No	30667	39.82	31125.06	40.28
	Yes	46342	60.18	46142.81	59.72
Use of mosquito net	No	41598	54.02	42861.82	55.47
	Yes	35411	45.98	34406.04	44.53
Total		77009	100.00	77267.87	100.00

행정구역 수준 변수의 기초통계분석 결과(표 6, 표 7), 0~100 사이의 값을 갖는 도시화 정도 지표는 각각 평균 10.9로 나타나 연구 대상 행정구역은 교외에 가까운 지역이 다수라는 것을 예상할 수 있다. 연간 지표 온도는 각각 평균 25.2℃, 24.8℃이었다. 연간 강수량은 각각 평균 111.2cm, 114.0cm이었다. 0~100 사이의 값을 갖는 식생 지수는 각각 평균 30.2, 31.1이었다.

표 6. 행정구역 수준 변수 기초통계분석 결과(발육부전)

Independent variables	N	Mean	SD	Min	Max
Administrative level variables					
Type of residence					
Urbanization (0-100)	121710	10.897	20.860	0.000	100.000
Environmental					
Land surface temperature (°C)	121694	25.237	2.875	14.946	35.106
Rainfall (cm)	121688	111.180	55.815	2.148	357.350
Vegetation (0-100)	121694	30.151	8.580	1.003	54.240

표 7. 행정구역 수준 변수 기초통계분석 결과(빈혈)

Independent variables	N	Mean	SD	Min	Max
Administrative level variables					
Type of residence					
Urbanization (0-100)	72554	10.901	20.402	0.000	95.868
Environmental					
Land surface temperature (°C)	72538	24.799	2.866	14.952	33.968
Rainfall (cm)	72554	114.001	55.544	6.351	357.350
Vegetation (0-100)	72538	31.058	8.850	1.003	54.240

2) 연구 대상자의 특성에 따른 건강 결과

건강 결과 중 발육부전을 기준으로 한 결과를 살펴보면(표 8), 최근 6개월 이내에 구충제 복용을 하지 않은 미취학 연령 아동 중 41.7%이 발육부전이었으나, 구충제 복용을 한 아동 중 37.5%가 발육부전으로서 통계적으로 유의하게 낮은 수치를 보였다. 여성이 남성보다, 12~23개월이 24~59개월보다 발육부전인 비율이 유의하게 낮았다. 가구원 수가 5명 이하인 아동은 38.4%가 발육부전이었으나, 6~10명 40.6%, 11명 이상 41.9%로 유의하게 높았다. 어머니가 교육 받은 적 없는 아동은 46.9%가 발육부전이었으나, 1차 교육 40.8%, 2차 교육 이상 26.2%로 어머니의 교육 수준이 높아질수록 발육부전인 비율이 유의하게 낮았다. 가구 자산 분위에 따르면 1분위 50.1%, 2분위 45.8%, 3분위 41.1%, 4분위 34.6%, 5분위 22.5%의 아동이 발육부전에 해당하여 자산 분위가 높은 가구에 속한 아동일수록 발육부전인 비율이 유의하게 낮았다. 개선된 식수를 섭취하지 않는 가구의 아동보다(45.1%) 개선된 식수를 섭취하는 가구의 아동이(36.9%), 개선된 위생 시설을 이용하지 않는 가구의 아동보다(44.3%) 개선된 위생 시설을 이용하는 가구에 속한 아동이(33.3%) 발육부전인 비율이 유의하게 낮았다. DPT3 백신을 3차까지 접종한 경험이 있는 아동이(37.3%) 그렇지 않은 아동보다(43.6%), 전날 모기장에서 취침한 아동이(37.6%) 그렇지 않은 아동보다(41.5%) 발육부전인 비율이 유의하게 낮았다.

표 8. 연구 대상자 특성별 발육부전 비율

Independent variables	Remarks	Stunting		Chi-sq	p-value
		No (%)	Yes (%)		
Individual level variables					
Deworming					
Deworming	No	43085.50 (58.33)	30784.00 (41.67)	231.187	<0.001
	Yes	34914.30 (62.50)	20947.80 (37.50)		
Demographic					
Sex	Male	37782.80 (57.98)	27381.60 (42.02)	250.867	<0.001
	Female	40217.10 (62.29)	24350.20 (37.71)		
Age (months)	12-23	21598.70 (62.51)	12953.80 (37.49)	111.815	<0.001
	24-59	56401.10 (59.26)	38778.00 (40.74)		
# of household members	≤ 5	32565.80 (61.58)	20321.80 (38.42)	86.870	<0.001
	6-10	36582.50 (59.38)	25025.50 (40.62)		
	≥ 11	8851.48 (58.10)	6384.59 (41.90)		
Socioeconomic					
Mother's education level	None	28333.20 (53.10)	25020.90 (46.90)	3486.802	<0.001
	Primary	27235.20 (59.22)	18751.90 (40.78)		
	Higher	22431.50 (73.81)	7958.99 (26.19)		
Wealth quintile	Poorest	14680.50 (49.90)	14740.30 (50.10)	4682.341	<0.001
	Poorer	15397.60 (54.16)	13031.60 (45.84)		
	Middle	15230.50 (58.95)	10606.90 (41.05)		
	Richer	16201.50 (65.44)	8557.32 (34.56)		

	Richest	16489.70 (77.47)	4795.73 (22.53)		
Drinking water (improved)	No	26047.90 (54.91)	21389.10 (45.09)	847.800	<0.001
	Yes	51951.90 (63.13)	30342.70 (36.87)		
Toilet facilities (improved)	No	43524.40 (55.75)	34542.70 (44.25)	1562.486	<0.001
	Yes	34475.50 (66.73)	17189.10 (33.27)		
Health programs					
Vaccination (DPT3)	No	30156.20 (56.43)	23283.60 (43.57)	517.163	<0.001
	Yes	47843.70 (62.71)	28448.20 (37.29)		
Use of mosquito net	No	44308.60 (58.52)	31405.40 (41.48)	194.896	<0.001
	Yes	33691.30 (62.37)	20326.40 (37.63)		

건강 결과 중 빈혈을 기준으로 한 결과를 살펴보면(표 9), 최근 6개월 이내에 구충제 복용을 하지 않은 미취학 연령 아동 중 64.9%이 빈혈이었으나, 구충제 복용을 한 아동 중 59.0%가 빈혈로서 통계적으로 유의하게 낮은 수치를 보였다. 여성이 남성보다, 24~59개월이 12~23개월보다 빈혈인 비율이 유의하게 낮았다. 가구원 수가 5명 이하인 아동은 59.0%가 발육부전이었으나, 6~10명 62.6%, 11명 이상 71.6%로 유의하게 높았다. 어머니가 교육 받은 적 없는 아동은 71.6%가 빈혈이었으나, 1차 교육 57.4%, 2차 교육 이상 52.1%로 어머니의 교육 수준이 높아질수록 빈혈인 비율이 유의하게 낮았다. 가구 자산 분위에 따르면 1분위 68.5%, 2분위 65.5%, 3분위 62.9%, 4분위 59.3%, 5분위 51.2%의 아동이 빈혈에 해당하여 자산 분위가 높은 가구에 속한 아동일수록 빈혈인 비율이 유의하게 낮았다. 개선된 식수를 섭취하지 않는 가구의 아동보다(65.3%) 개선된 식수를 섭취하는 가구의 아동이(60.6%), 개선된 위생 시설을 이용하지 않는 가구의 아동보다(65.9%) 개선된 위생 시설을 이용하는 가구에 속한 아동이(56.7%) 빈혈인 비율이 유의하게 낮았다. DPT3 백신을 3차까지 접종한 경험이 있는 아동이(64.8%) 그렇지 않은 아동보다(58.4%), 전날 모기장에서 취침한 아동이(63.9%) 그렇지 않은 아동보다(60.8%) 빈혈인 비율이 유의하게 높았다.

표 9. 연구 대상자 특성별 빈혈 비율

Independent variables	Remarks	Anemia		Chi-sq	p-value
		No (%)	Yes (%)		
Individual level variables					
Deworming					
Deworming	No	14764.50 (35.14)	27253.00 (64.86)	280.328	<0.001
	Yes	14453.80 (41.00)	20796.70 (59.00)		
Demographic					
Sex	Male	14314.20 (36.91)	24468.50 (63.09)	27.151	<0.001
	Female	14904.10 (38.73)	23581.20 (61.27)		
Age (months)	12-23	5350.43 (25.71)	15459.50 (74.29)	1774.193	<0.001
	24-59	23867.80 (42.28)	32590.10 (57.72)		
# of household members	≤ 5	13007.60 (41.04)	18687.40 (58.96)	493.399	<0.001
	6-10	13598.30 (37.40)	22762.00 (62.60)		
	≥ 11	2612.28 (28.36)	6600.22 (71.64)		
Socioeconomic					
Mother's education level	None	9228.30 (28.45)	23213.00 (71.55)	2213.217	<0.001
	Primary	11992.90 (42.61)	16151.30 (57.39)		
	Higher	7996.99 (47.94)	8685.40 (52.06)		
Wealth quintile	Poorest	5539.07 (31.49)	12048.90 (68.51)	1058.805	<0.001
	Poorer	5850.71 (34.55)	11085.60 (65.45)		
	Middle	5796.21 (37.10)	9827.88 (62.90)		
	Richer	6083.40 (40.75)	8843.73 (59.25)		

	Richest	5948.85 (48.79)	6243.58 (51.21)		
Drinking water (improved)	No	8959.20 (34.71)	16852.30 (65.29)	158.811	<0.001
	Yes	20259.00 (39.37)	31197.40 (60.63)		
Toilet facilities (improved)	No	15596.80 (34.06)	30199.00 (65.94)	674.877	<0.001
	Yes	13621.50 (43.28)	17850.70 (56.72)		
Health programs					
Vaccination (DPT3)	No	12954.70 (41.62)	18170.40 (58.38)	321.263	<0.001
	Yes	16263.60 (35.25)	29879.20 (64.75)		
Use of mosquito net	No	16787.90 (39.17)	26073.90 (60.83)	74.966	<.0001
	Yes	12430.30 (36.13)	21975.70 (63.87)		

2. 상관분석 및 회귀분석 결과

1) 상관분석 결과

독립변수 및 통제변수 사이 다중공선성 확인을 위해 상관분석을 수행한 결과는 다음과 같다. 발육부전 변수 기준으로 피어슨 상관계수의 절대값은 행정구역 수준 변수인 지표 온도와 식생 지수 사이에서 0.53으로 나타났다(표 10). 이를 제외한 나머지 상관계수는 모두 0.50 이하였다. 빈혈 변수 기준으로 피어슨 상관계수의 절대값은 개인 수준 변수인 가구 자산 분위와 개선된 위생시설 사이에서 0.48로 나타났다(표 11). 이를 제외한 나머지 상관계수는 모두 0.46 이하였다.

표 10. 변수 간 상관분석 결과(발육부전)

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
1. Deworming	1.000	-0.006	0.035	-0.057	0.208	0.149	0.098	0.133	0.195	0.123	0.110	-0.186	0.168	0.152
		0.031	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
2. Sex	-0.006	1.000	-0.001	0.005	-0.003	-0.011	-0.008	0.000	-0.005	-0.001	-0.008	0.000	-0.002	0.002
	0.031		0.695	0.077	0.298	<0.001	0.003	0.991	0.065	0.660	0.009	0.873	0.520	0.399
3. Age (months)	0.035	-0.001	1.000	0.032	-0.036	0.004	-0.002	0.003	-0.144	-0.046	-0.002	0.005	-0.008	-0.009
	<0.001	0.695		<0.001	<0.001	0.137	0.385	0.237	<0.001	<0.001	0.428	0.096	0.007	0.002
4. Number of household members	-0.057	0.005	0.032	1.000	-0.167	-0.040	-0.036	-0.059	-0.053	-0.069	-0.029	0.134	0.002	-0.076
	<0.001	0.077	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.424	<0.001
5. Mother's education level	0.208	-0.003	-0.036	-0.167	1.000	0.384	0.165	0.289	0.209	0.038	0.294	-0.209	0.087	0.100
	<0.001	0.298	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
6. Wealth quintile	0.149	-0.011	0.004	-0.040	0.384	1.000	0.343	0.474	0.155	0.061	0.488	-0.029	0.080	-0.106
	<0.001	<0.001	0.137	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
7. Drinking water (improved)	0.098	-0.008	-0.002	-0.036	0.165	0.343	1.000	0.256	0.095	0.044	0.222	-0.040	-0.010	-0.082
	<0.001	0.003	0.385	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.000	<0.001
8. Toilet facilities (improved)	0.133	0.000	0.003	-0.059	0.289	0.474	0.256	1.000	0.106	0.027	0.369	-0.059	0.059	-0.076
	<0.001	0.991	0.237	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
9. Vaccination (DPT3)	0.195	-0.005	-0.144	-0.053	0.209	0.155	0.095	0.106	1.000	0.107	0.123	-0.073	0.086	0.066
	<0.001	0.065	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
10. Use of mosquito net	0.123	-0.001	-0.046	-0.069	0.038	0.061	0.044	0.027	0.107	1.000	-0.012	0.035	0.087	0.092
	<0.001	0.660	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

11. Urbanization (0-100)	0.110	-0.008	-0.002	-0.029	0.294	0.488	0.222	0.369	0.123	-0.012	1.000	0.107	0.122	-0.306
	<0.001	0.009	0.428	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001
12. Land surface temperature (°C)	-0.186	0.000	0.005	0.134	-0.209	-0.029	-0.040	-0.059	-0.073	0.035	0.107	1.000	-0.285	-0.526
	<0.001	0.873	0.096	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001
13. Rainfall (cm)	0.168	-0.002	-0.008	0.002	0.087	0.080	-0.010	0.059	0.086	0.087	0.122	-0.285	1.000	0.495
	<0.001	0.520	0.007	0.424	<0.001	<0.001	0.000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001
14. Vegetation (0-100)	0.152	0.002	-0.009	-0.076	0.100	-0.106	-0.082	-0.076	0.066	0.092	-0.306	-0.526	0.495	1.000
	<0.001	0.399	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	

표 11. 변수 간 상관분석 결과(빈혈)

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
1. Deworming	1.000	-0.004	0.038	-0.036	0.184	0.131	0.096	0.163	0.114	0.112	0.120	-0.117	0.174	0.136
		0.296	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
2. Sex	-0.004	1.000	-0.009	0.005	0.003	-0.008	-0.008	0.002	-0.002	-0.002	-0.004	-0.001	0.005	0.007
		0.296	0.012	0.172	0.412	0.035	0.023	0.495	0.549	0.620	0.308	0.853	0.225	0.069
3. Age (months)	0.038	-0.009	1.000	0.026	-0.039	0.002	-0.004	0.004	-0.211	-0.048	-0.002	-0.006	-0.001	-0.004
	<0.001	0.012		<0.001	<0.001	0.615	0.269	0.263	<0.001	<0.001	0.544	0.125	0.874	0.345
4. Number of household members	-0.036	0.005	0.026	1.000	-0.154	-0.020	-0.034	-0.065	-0.005	-0.052	0.003	0.139	0.051	-0.061
	<0.001	0.172	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.162	<0.001	0.413	<0.001	<0.001	<0.001
5. Mother's education level	0.184	0.003	-0.039	-0.154	1.000	0.327	0.156	0.298	0.086	0.017	0.278	-0.128	-0.046	0.009
	<0.001	0.412	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.015
6. Wealth quintile	0.131	-0.008	0.002	-0.020	0.327	1.000	0.325	0.480	0.101	0.064	0.462	-0.010	0.053	-0.161
	<0.001	0.035	0.615	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.010	<0.001	<0.001
7. Drinking water (improved)	0.096	-0.008	-0.004	-0.034	0.156	0.325	1.000	0.255	0.079	0.030	0.217	-0.006	-0.036	-0.140
	<0.001	0.023	0.269	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.135	<0.001	<0.001
8. Toilet facilities (improved)	0.163	0.002	0.004	-0.065	0.298	0.480	0.255	1.000	0.097	0.048	0.350	-0.026	0.040	-0.089
	<0.001	0.495	0.263	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
9. Vaccination (DPT3)	0.114	-0.002	-0.211	-0.005	0.086	0.101	0.079	0.097	1.000	0.095	0.104	0.114	0.003	-0.066
	<0.001	0.549	<0.001	0.162	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	0.448	<0.001
10. Use of mosquito net	0.112	-0.002	-0.048	-0.052	0.017	0.064	0.030	0.048	0.095	1.000	0.003	0.147	0.103	0.075
	<0.001	0.620	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		0.394	<0.001	<0.001	<0.001

11. Urbanization (0-100)	0.120	-0.004	-0.002	0.003	0.278	0.462	0.217	0.350	0.104	0.003	1.000	0.154	0.133	-0.344
	<0.001	0.308	0.544	0.413	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.394		<0.001	<0.001	<0.001
12. Land surface temperature (°C)	-0.117	-0.001	-0.006	0.139	-0.128	-0.010	-0.006	-0.026	0.114	0.147	0.154	1.000	-0.213	-0.464
	<0.001	0.853	0.125	<0.001	<0.001	0.010	0.135	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001
13. Rainfall (cm)	0.174	0.005	-0.001	0.051	-0.046	0.053	-0.036	0.040	0.003	0.103	0.133	-0.213	1.000	0.452
	<0.001	0.225	0.874	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.448	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001
14. Vegetation (0-100)	0.136	0.007	-0.004	-0.061	0.009	-0.161	-0.140	-0.089	-0.066	0.075	-0.344	-0.464	0.452	1.000
	<0.001	0.069	0.345	<0.001	0.015	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	

2) 로지스틱 회귀분석 결과

연속형인 행정구역 수준 변수를 제외하고 범주형인 개인 수준 변수만을 포함하여 변수 간 상호작용을 통제한 로지스틱 회귀분석을 수행하였다. 발육부전 변수를 기준으로 로지스틱 회귀분석을 실시한 결과(표 12), 최근 6개월 이내의 구충제 복용은 발육부전인 오즈비에 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 못하였다(OR: 1.02, 95% CI: 1.00-1.05). 어머니의 교육 수준이 높아질수록(OR: 교육을 받지 않은 어머니를 둔 아동에 비해 1차 교육 0.85배, 2차 교육 이상 0.57배), 가구 자산 분위가 높아질수록(OR: 1분위에 비해 2분위 0.89배, 3분위 0.77배, 4분위 0.63배, 5분위 0.40배) 발육부전인 오즈비가 통계적으로 유의하게 감소하였다. 개선된 식수를 섭취하는 가구에 속할수록(OR: 0.94, 95% CI: 0.92-0.97), 개선된 위생 시설을 이용하는 가구에 속할수록(OR: 0.96, 95% CI: 0.94-0.99), DPT3 3차 접종을 완료하였거나(OR: 0.93, 95% CI: 0.91-0.95) 전날 모기장에서 취침한 아동일수록(OR: 0.90, CI: 0.88-0.92) 발육부전인 오즈비가 유의하게 감소하였다.

표 12. 개인 수준 변수 로지스틱 회귀분석 결과(발육부전)

Independent variables	Remarks	OR	95% Confidence limits		p-value
Individual level variables					
Deworming					
Deworming	No	1.000	(Reference)		
	Yes	1.022	0.997	1.047	0.079
Demographic					
Sex	Male	1.000	(Reference)		
	Female	0.821	0.802	0.839	<0.001
Age (months)	12-23	1.000	(Reference)		
	24-59	1.119	1.090	1.148	<0.001
# of household members	≤ 5	1.000	(Reference)		
	6-10	0.994	0.970	1.019	0.636
	≥ 11	1.011	0.973	1.050	0.573
Socioeconomic					
Mother’s education level	None	1.000	(Reference)		
	Primary	0.854	0.832	0.877	<0.001
	Higher	0.571	0.551	0.591	<0.001
Wealth quintile	Poorest	1.000	(Reference)		
	Poorer	0.890	0.861	0.920	<0.001
	Middle	0.769	0.743	0.797	<0.001
	Richer	0.627	0.604	0.651	<0.001
	Richest	0.401	0.383	0.420	<0.001
Drinking water (improved)	No	1.000	(Reference)		
	Yes	0.943	0.920	0.967	<0.001
Toilet facilities (improved)	No	1.000	(Reference)		
	Yes	0.963	0.937	0.989	0.006
Health programs					
Vaccination (DPT3)	No	1.000	(Reference)		
	Yes	0.931	0.909	0.954	<0.001
Use of mosquito net	No	1.000	(Reference)		
	Yes	0.897	0.877	0.919	<0.001

빈혈 변수를 기준으로 로지스틱 회귀분석을 실시한 결과(표 13), 최근 6개월 이내에 구충제 복용을 한 아동일수록 빈혈인 오즈비는 통계적으로 유의하게 감소하였다(OR: 0.90, 95% CI: 0.88-0.93). 가구원 수가 증가할수록(OR: 5명 이하 가구에 비해 6-10명 가구 1.12배, 11명 이상 가구 1.55배) 빈혈인 오즈비가 유의하게 높았다. 어머니의 교육 수준이 높아질수록(OR: 교육을 받지 않은 어머니를 둔 아동에 비해 1차 교육 0.56배, 2차 교육 이상 0.51배), 가구 자산 분위가 높아질수록(OR: 1분위에 비해 2분위 0.90배, 3분위 0.82배, 4분위 0.77배, 5분위 0.63배) 빈혈인 오즈비가 유의하게 낮았다. 개선된 위생 시설을 이용하는 가구에 속할수록(OR: 0.90, 95% CI: 0.87-0.94) 빈혈인 오즈비가 유의하게 감소하였다. DPT3 3차 접종을 완료하였거나(OR: 1.26, 95% CI: 1.22-1.30), 전날 모기장에서 취침한 아동일수록(OR: 1.17, 95% CI: 1.13-1.20) 빈혈인 오즈비가 유의하게 증가하였다.

표 13. 개인 수준 변수 로지스틱 회귀분석 결과(빈혈)

Independent variables	Remarks	OR	95% Confidence limits		p-value
Individual level variables					
Deworming					
Deworming	No	1.000	(Reference)		
	Yes	0.904	0.876	0.933	<0.001
Demographic					
Sex	Male	1.000	(Reference)		
	Female	0.915	0.887	0.943	<0.001
Age (months)	12-23	1.000	(Reference)		
	24-59	0.476	0.458	0.493	<0.001
# of household members	≤ 5	1.000	(Reference)		
	6-10	1.115	1.080	1.152	<0.001
	≥ 11	1.554	1.474	1.638	<0.001
Socioeconomic					
Mother’s education level	None	1.000	(Reference)		
	Primary	0.557	0.538	0.577	<0.001
	Higher	0.506	0.484	0.528	<0.001
Wealth quintile	Poorest	1.000	(Reference)		
	Poorer	0.901	0.860	0.944	<0.001
	Middle	0.823	0.784	0.863	<0.001
	Richer	0.765	0.727	0.805	<0.001
	Richest	0.634	0.598	0.671	<0.001
Drinking water (improved)	No	1.000	(Reference)		
	Yes	0.992	0.959	1.027	0.666
Toilet facilities (improved)	No	1.000	(Reference)		
	Yes	0.902	0.871	0.935	<0.001
Health programs					
Vaccination (DPT3)	No	1.000	(Reference)		
	Yes	1.264	1.224	1.304	<0.001
Use of mosquito net	No	1.000	(Reference)		
	Yes	1.167	1.132	1.204	<0.001

3. 다수준 로지스틱 회귀분석 결과

개인 수준과 행정구역 수준의 특성이 구충제 복용에 따른 미취학 연령 아동의 건강 결과에 어떠한 영향을 미치는지 분석하기 위해 다수준 로지스틱 회귀분석을 수행하였다. 기초 모형 1에서는 임의 효과만을 확인하여 발육부전이나 빈혈과 같은 건강 결과가 행정구역 간 차이가 있는지 살펴보았다. 모형 2에서는 구충제 복용을 포함한 개인 수준 변수를 독립변수 및 통제변수로서 포함하였고, 모형 3에서는 개인 수준과 행정구역 수준 변수를 모두 포함하였다.

발육부전을 종속변수로 하는 기초 모형 1에서 임의 효과의 분산은 0.46, 급내상관계수는 0.12로서 통계적으로 유의하므로 행정구역 간 차이가 있다는 것을 확인하였다(표 14). 개인 수준 변수만을 추가한 모형 2의 분산은 0.31, 급내상관계수는 0.09이었다. 개인 수준 변수에 행정구역 수준 변수를 추가한 모형 3의 분산은 0.29, 급내상관계수는 0.08이었다.

모형 3을 기준으로 살펴보았을 때, 고정 효과 부분의 결과는 다음과 같다. 최근 6개월 이내에 구충제를 복용하지 않은 경우에 비해 복용한 경우에 발육부전인 오즈비가 통계적으로 유의하게 낮았다(OR: 0.96, 95% CI: 0.93-0.99). 어머니의 교육 수준이 높아질수록(OR: 교육을 받지 않은 어머니를 둔 아동에 비해 1차 교육 0.88배, 2차 교육 이상 0.66배), 가구 자산 분위가 높아질수록(OR: 1분위에 비해 2분위 0.89배, 3분위 0.77배, 4분위 0.64배, 5분위 0.45배), 개선된 위생 시설을 이용하는 가구에 속할수록(OR: 0.91, 95% CI: 0.88-0.94) 발육부전인 오즈비가 유의하게 감소하였다. DPT3 3차 접종을 완료하였거나(OR: 0.95, 95% CI: 0.92-0.98) 전날 모기장에서 취침한 아동일수록(OR: 0.94, 95% CI: 0.92-0.97) 발육부전인 오즈비가 유의하게 낮았다. 모형 3에만 추가된

행정구역 수준 특성을 살펴보면 연간 지표 온도가 평균에 비해 1℃가 높아질 때 발육부전인 오즈비가 유의하게 감소하였다(OR: 0.96, 95% CI: 0.95-0.97).

표 14. 다수준 로지스틱 회귀분석 결과(발육부전)

Fixed effects		Model 2			Model 3		
Independent variables	Remarks	OR	95% CL		OR	95% CL	
Individual level variables							
Deworming							
Deworming	No	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Yes	0.959**	0.933	0.986	0.958**	0.931	0.986
Demographic							
Sex	Male	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Female	0.802***	0.783	0.821	0.804***	0.785	0.824
Age (months)	12-23	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	24-59	1.123***	1.093	1.154	1.126***	1.095	1.158
# of household members	≤ 5	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	6-10	0.993	0.967	1.019	0.992	0.966	1.019
	≥ 11	1.108***	1.063	1.156	1.100***	1.052	1.149
Socioeconomic							
Mother's education level	None	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Primary	0.897***	0.869	0.926	0.884***	0.856	0.914
	Higher	0.678***	0.650	0.707	0.663***	0.635	0.693
Wealth quintile	Poorest	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Poorer	0.882***	0.851	0.914	0.888***	0.856	0.922
	Middle	0.758***	0.729	0.788	0.772***	0.742	0.804
	Richer	0.620***	0.594	0.648	0.636***	0.608	0.666
	Richest	0.399***	0.378	0.422	0.446***	0.420	0.472
Drinking water (improved)	No	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Yes	0.988	0.960	1.016	0.984	0.955	1.014
Toilet facilities (improved)	No	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Yes	0.917***	0.888	0.947	0.912***	0.882	0.942
Health programs							
Vaccination (DPT3)	No	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Yes	0.965*	0.938	0.993	0.950***	0.922	0.978
Use of mosquito net	No	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Yes	0.934***	0.908	0.960	0.942***	0.915	0.969
Administrative level variables							
Type of residence							
Urbanization (0-100)	Mean				1.000	(Ref)	
	+1 unit				0.996***	0.994	0.997
Environmental							
Land surface temperature	Mean				1.000	(Ref)	

	+1 °C	0.955***	0.945	0.965
Rainfall	Mean	1.000	(Ref)	
	+1 cm	1.000	0.999	1.000
Vegetation (0-100)	Mean	1.000	(Ref)	
	+1 unit	0.991***	0.987	0.995
Random effects		Model 1 (null)	Model 2	Model 3
Covariance		0.458***	0.309***	0.291***
Standard error		0.018	0.013	0.013
ICC		0.122	0.086	0.081

***: p-value <0.001; **: p-value <0.01; *: p-value <0.05

빈혈을 종속변수로 하는 기초 모형 1에서 임의 효과의 분산은 0.64, 급내상관계수는 0.16으로서 통계적으로 유의하여 행정구역 간 차이가 있다는 것을 확인하였다(표 15). 개인 수준 변수만을 추가한 모형 2의 분산은 0.56, 급내상관계수는 0.15이었고, 개인 수준 변수에 행정구역 수준 변수를 추가한 모형 3의 분산은 0.44, 급내상관계수는 0.12이었다.

모형 3을 기준으로 살펴보았을 때, 고정 효과 부분의 결과는 다음과 같다. 최근 6개월 이내에 구충제를 복용하지 않은 경우에 비해 복용한 경우에 빈혈인 오즈비가 통계적으로 유의하게 낮았다(OR: 0.96, 95% CI: 0.92-0.99). 어머니의 교육 수준이 높아질수록(OR: 교육을 받지 않은 어머니를 둔 아동에 비해 1차 교육 0.79배, 2차 교육 이상 0.70배), 가구 자산 분위가 높아질수록(OR: 1분위에 비해 2분위 0.89배, 3분위 0.78배, 4분위 0.71배, 5분위 0.51배) 빈혈인 오즈비가 유의하게 감소하였다. 개선된 위생 시설을 이용하는 가구에 속할수록(OR: 0.95, 95% CI: 0.91-0.99) 빈혈인 오즈비가 유의하게 감소하였다. DPT3 3차 접종을 완료한 아동이(OR: 1.15, 95% CI: 1.11-1.20) 그렇지 않은 경우에 비해 빈혈인 오즈비가 높았고, 전날 모기장에서 취침한 아동일수록(OR: 0.96, 95% CI: 0.92-0.99) 빈혈인 오즈비가 유의하게 낮았다. 모형 3에만 추가된 행정구역 수준 특성을 살펴보면 연간 지표 온도가 평균에 비해 1℃가 높아질 때 빈혈인 오즈비가 유의하게 증가하였다(OR: 1.13, 95% CI: 1.11-1.15).

표 15. 다수준 로지스틱 회귀분석 결과(빈혈)

Fixed effects		Model 2			Model 3		
Independent variables	Remarks	OR	95% CL		OR	95% CL	
Individual level variables							
Deworming							
Deworming	No	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Yes	0.951**	0.916	0.987	0.956*	0.920	0.993
Demographic							
Sex	Male	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Female	0.912***	0.884	0.942	0.910***	0.881	0.941
Age (months)	12-23	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	24-59	0.445***	0.428	0.463	0.442***	0.425	0.460
# of household members	≤ 5	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	6-10	1.059**	1.022	1.096	1.056**	1.019	1.095
	≥ 11	1.170***	1.102	1.242	1.137***	1.069	1.209
Socioeconomic							
Mother’s education level	None	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Primary	0.789***	0.756	0.824	0.789***	0.754	0.824
	Higher	0.699***	0.661	0.739	0.695***	0.656	0.735
Wealth quintile	Poorest	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Poorer	0.879***	0.836	0.925	0.888***	0.843	0.936
	Middle	0.776***	0.736	0.819	0.778***	0.736	0.822
	Richer	0.702***	0.662	0.745	0.705***	0.664	0.749
	Richest	0.515***	0.479	0.553	0.509***	0.473	0.548
Drinking water (improved)	No	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Yes	0.987	0.948	1.028	1.000	0.959	1.042
Toilet facilities (improved)	No	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Yes	0.928***	0.888	0.970	0.950*	0.908	0.993
Health programs							
Vaccination (DPT3)	No	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Yes	1.175***	1.131	1.219	1.153***	1.110	1.198
Use of mosquito net	No	1.000	(Ref)		1.000	(Ref)	
	Yes	0.983	0.947	1.021	0.956*	0.920	0.994
Administrative level variables							
Type of residence							
Urbanization (0-100)	Mean				1.000	(Ref)	
	+1 unit				1.002	1.000	1.004
Environmental							
Land surface temperature	Mean				1.000	(Ref)	

	+1 °C	1.131 ^{***}	1.114	1.150
Rainfall	Mean	1.000	(Ref)	
	+1 cm	1.004 ^{***}	1.003	1.005
Vegetation (0-100)	Mean	1.000	(Ref)	
	+1 unit	0.996	0.990	1.002
Random effects		Model 1 (null)	Model 2	Model 3
Covariance		0.635 ^{***}	0.563 ^{***}	0.440 ^{***}
Standard error		0.029	0.027	0.023
ICC		0.162	0.146	0.118

***: p-value <0.001; **: p-value <0.01; *: p-value <0.05

제 2 절 공간 분석 결과

1. 기초통계분석 및 지도 시각화 결과

1) 대상 지역의 특성

공간 분석을 수행하기 위해 개인 수준 자료에 조사구별 가중치를 적용하여 행정구역 수준으로 재계산하였다(표 16, 표 17). 28개 국가의 2,821개 행정구역별 발육부진 비율은 평균 37.3%, 23개 국가의 1,833개 행정구역별 빈혈 비율은 평균 59.9%이었다.

행정구역별 구충제 복용률은 발육부진 및 빈혈 변수를 기준으로 각각 평균 45.9%, 49.7%이었다. 가구원 수가 5명 초과인 아동의 비율은 각각 55.7%, 56.1%이었다. 사회경제 변수 중 교육 경험이 있는 어머니를 둔 아동의 비율은 각각 69.4%, 68.9%이었고, 자산 최하위 및 하위분위 가구에 속하는 아동의 비율은 각각 45.9%, 47.6%이었다. 개선된 식수를 섭취하는 가구에 속하는 아동의 비율은 각각 65.1%, 68.0%이었고, 개선된 위생 시설을 이용하는 가구에 속하는 아동의 비율은 각각 42.9%, 42.5%이었다. DPT3 3차 접종을 마친 아동의 비율은 각각 61.0%, 59.1%이었고, 전날 모기장 아래에서 취침한 아동의 비율은 각각 41.5%, 45.1%였다. 거주 형태 변수 중 0~100 사이의 값을 갖는 도시화 정도는 각각 평균 8.6, 7.3으로서 교외 지역에 가까운 수치를 보였다. 환경학적 변수 중 연간 지표 온도는 각각 24.8℃, 24.5℃이었고, 연간 강수량은 각각 114.5cm, 106.4cm, 0~100 사이의 값을 갖는 식생 지수는 각각 32.2, 32.5이었다.

표 16. 재계산한 행정구역 수준 기초통계분석 결과(발육부전)

Dependent variables	N	Mean	SD	Min	Max
Stunting (%)	2821	37.305	18.533	0.000	100.000
Independent variables					
Deworming					
Deworming (%)	2821	45.944	27.011	0.000	100.000
Demographic					
Sex (female %)	2821	49.883	12.051	0.000	100.000
Age (12-23 months %)	2821	26.609	10.399	0.000	100.000
# of household members (> 5 %)	2821	55.690	20.293	0.000	100.000
Socioeconomic					
Mother's education (educated %)	2821	69.359	32.048	0.000	100.000
Wealth quintile (poor %)	2821	45.895	31.211	0.000	100.000
Drinking water (improved %)	2821	65.085	30.168	0.000	100.000
Toilet facilities (improved %)	2821	42.868	33.149	0.000	100.000
Health programs					
Vaccination (DPT3 %)	2821	61.036	27.710	0.000	100.000
Use of mosquito net (%)	2821	41.488	27.855	0.000	100.000
Type of residence					
Urbanization (0-100)	2742	8.607	18.182	0.000	100.000
Environmental					
Land surface temperature (°C)	2741	24.785	2.751	14.946	35.106
Rainfall (cm)	2741	114.488	52.768	2.148	357.350
Vegetation (0-100)	2741	32.153	8.770	1.003	54.240

표 17. 재계산한 행정구역 수준 기초통계분석 결과(빈혈)

Dependent variables	N	Mean	SD	Min	Max
Anemia (%)	1833	59.918	20.997	0.000	100.000
Independent variables					
Deworming					
Deworming (%)	1833	49.653	27.099	0.000	100.000
Demographic					
Sex (female %)	1833	50.089	12.941	0.000	100.000
Age (12-23 months %)	1833	26.786	11.185	0.000	100.000
# of household members (> 5 %)	1833	56.089	20.859	0.000	100.000
Socioeconomic					
Mother's education (educated %)	1833	68.861	30.681	0.000	100.000
Wealth quintile (poor %)	1833	47.623	28.855	0.000	100.000
Drinking water (improved %)	1833	67.955	29.591	0.000	100.000
Toilet facilities (improved %)	1833	42.548	33.653	0.000	100.000
Health programs					
Vaccination (DPT3 %)	1833	59.050	25.084	0.000	100.000
Use of mosquito net (%)	1833	45.104	28.566	0.000	100.000
Type of residence					
Urbanization (0-100)	1754	7.327	15.773	0.000	95.868
Environmental					
Land surface temperature (°C)	1753	24.532	2.604	14.952	33.968
Rainfall (cm)	1754	106.430	47.933	6.351	357.350
Vegetation (0-100)	1753	32.489	8.843	1.003	54.240

2) 지도 시각화 결과

발육부전 변수를 기준으로 하여 2,821개 행정구역에 대해 지도 시각화를 한 결과는 다음과 같다. 미취학 연령 아동의 발육부전 비율이 약 60% 이상인 행정구역은 주로 모잠비크, 부룬디 등의 동부 아프리카와 카메룬, 콩고 민주 공화국 등 중부 아프리카에 위치하였다(그림 6). 구충제 복용률이 약 80% 이상인 행정구역은 주로 남아프리카 공화국 등 남부 아프리카와 르완다, 부룬디, 우간다 등 동부 아프리카, 가봉, 콩고 민주 공화국 등 중부 아프리카에 위치하였다. 어머니가 교육을 받은 경험에 있는 아동의 비율이 약 20% 이하인 행정구역은 기니, 나이지리아, 말리, 베냉, 부르키나 파소, 세네갈 등 서부 아프리카와 차드 등 중부 아프리카에 집중되었다(그림 8). 자산 최하위 또는 하위 분위에 속한 아동의 비율이 약 80% 이상인 행정구역은 고루 분포하였다. 개선된 식수 및 위생 시설을 이용하는 가구에 속한 아동의 비율이 약 80% 이상인 행정구역은 주로 남부 및 동부 아프리카에 위치하였다. 약 80% 이상의 아동에게 DPT3 3차 접종을 완료한 행정구역은 국가 단위로 뚜렷한 양상을 보였다(그림 9). 가나, 나미비아, 레소토, 르완다, 모잠비크, 부르키나 파소, 세네갈, 잠비아, 카메룬, 케냐, 토고 등이 해당한다. 전날 모기장 취침한 아동의 비율이 약 60% 이상인 행정구역은 남부 아프리카를 제외하고 고르게 분포하였다. 특히 동부 아프리카의 르완다, 부룬디, 우간다, 케냐, 탄자니아의 국경과 접한 빅토리아 호수 근처의 수치가 높게 나타났다. 도시화 정도를 살펴보면 사하라이남 아프리카 대부분의 행정구역은 교외 지역에 해당하며, 도시화된 지역의 면적은 넓지 않다(그림 10). 지표 온도는 사하라 사막 근처에서 높게 나타났고, 강수량과 식생 지수는 대륙의 중부에 걸쳐 높게 나타났다.

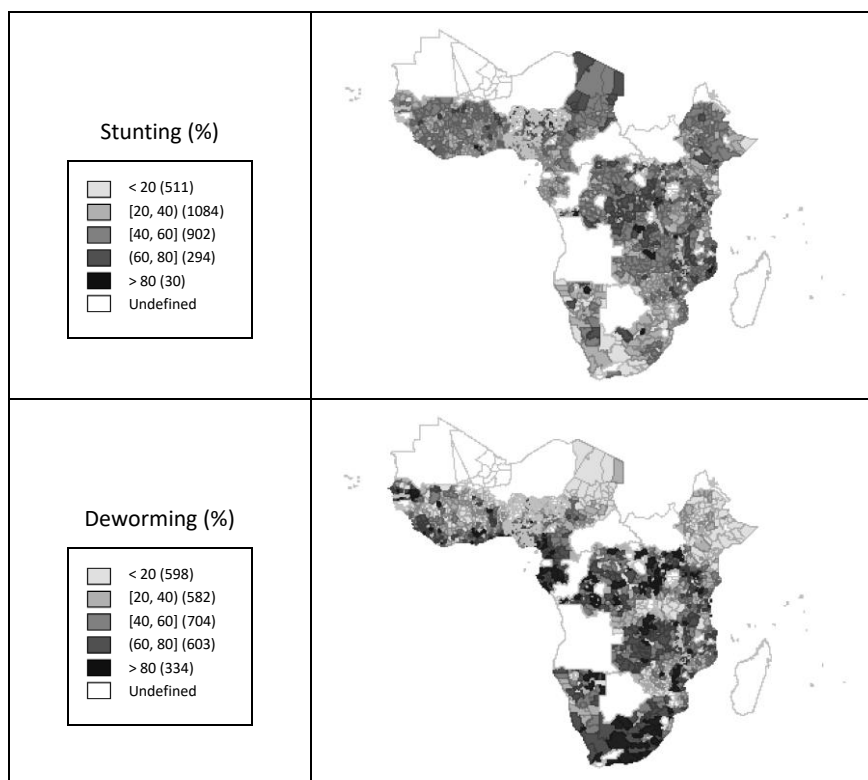


그림 6. 발육부전 및 구충제 복용 지도 시각화(28개국)

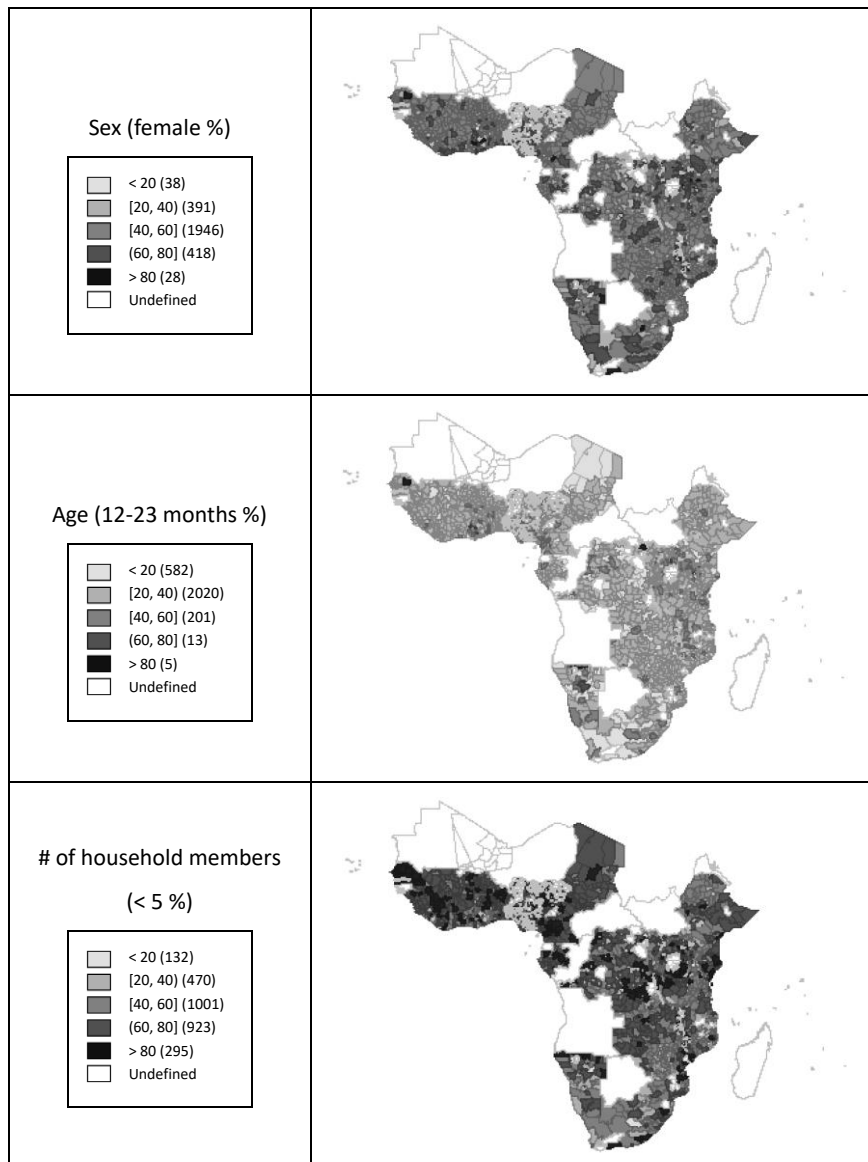


그림 7. 인구학적 변수 지도 시각화(28개국)

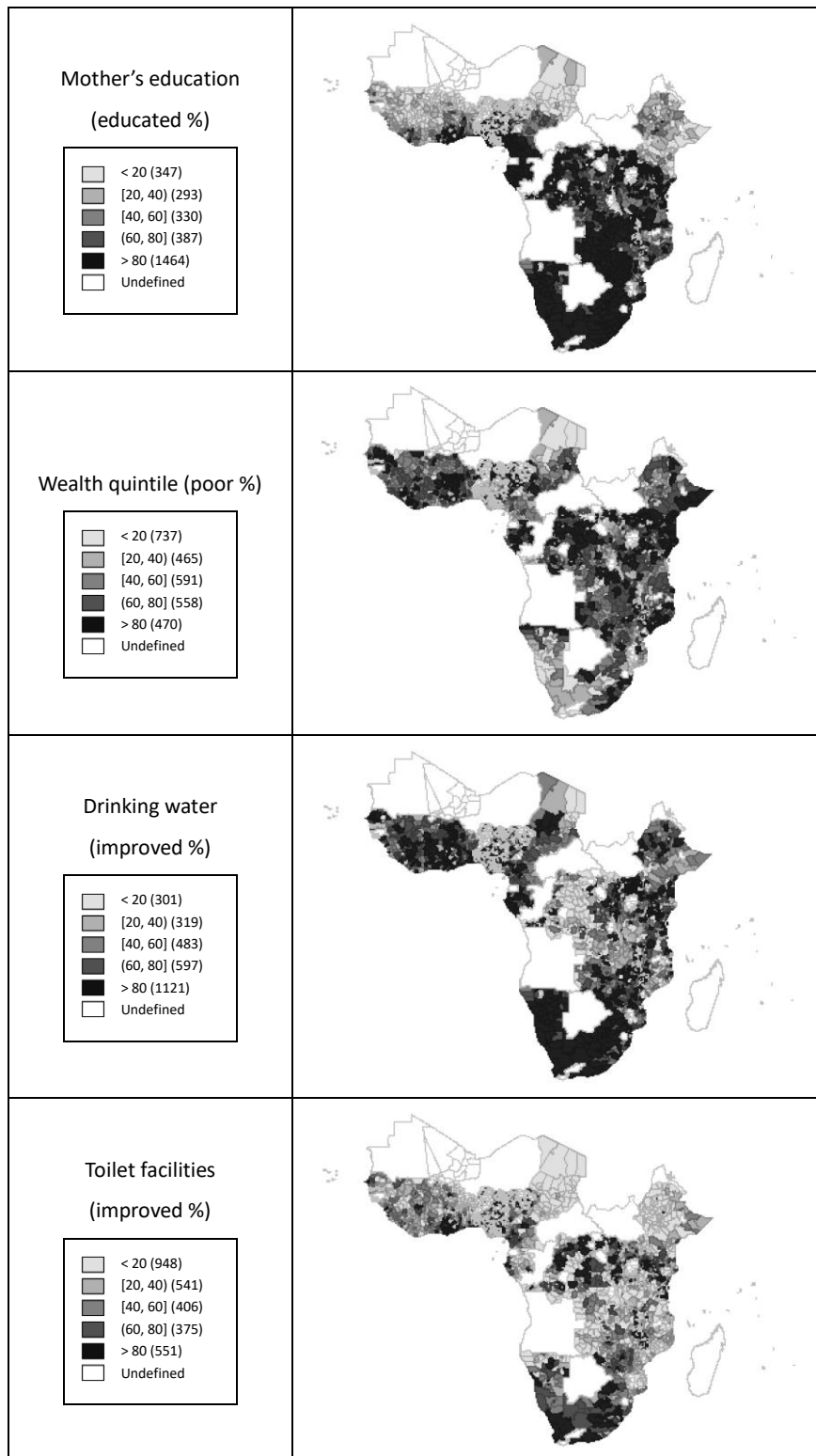


그림 8. 사회경제 변수 지도 시각화(28개국)

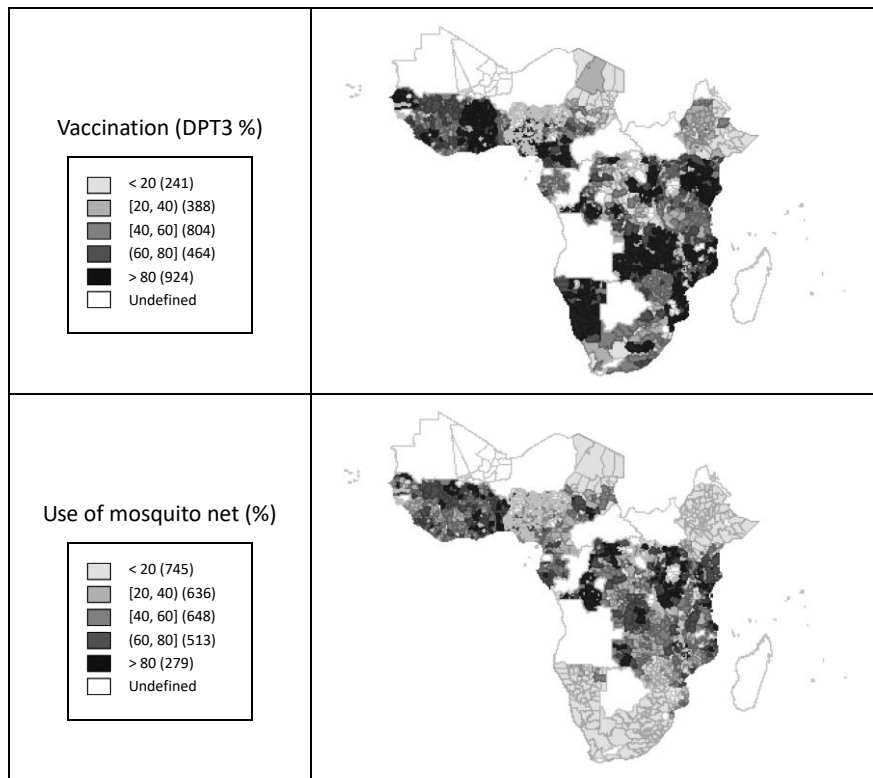


그림 9. 보건 프로그램 변수 지도 시각화(28개국)

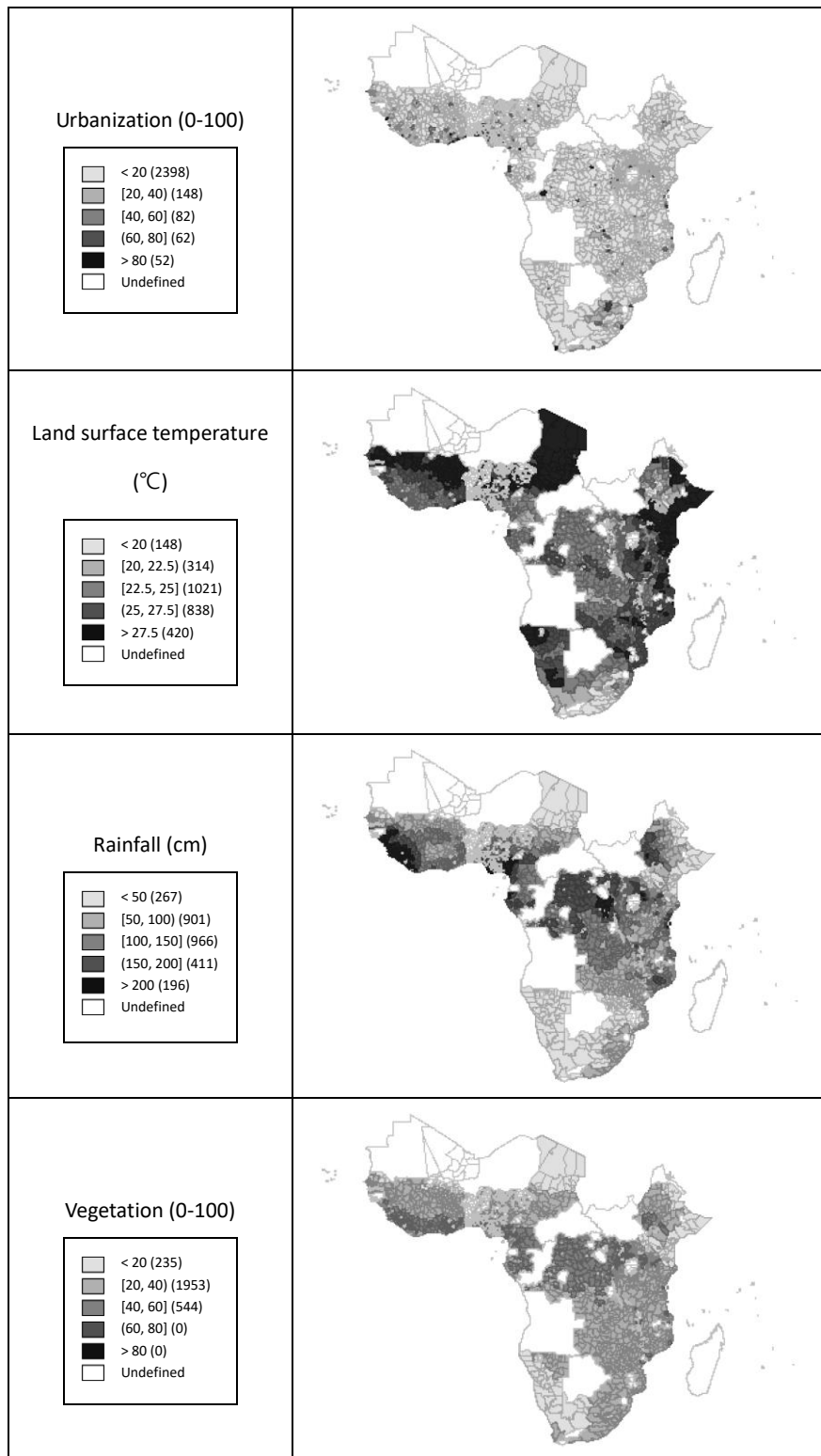


그림 10. 거주 형태 및 환경학적 변수 지도 시각화(28개국)

빈혈 변수를 기준으로 하여 1,833개 행정구역에 대해 지도 시각화를 한 결과는 다음과 같다. 미취학 연령 아동의 빈혈 비율이 약 80% 이상인 행정구역은 가나, 기니, 말리, 부르키나 파소, 세네갈, 코트디부아르 등 서부 아프리카에 집중되었다(그림 11). 구충제 복용률이 약 80% 이상인 행정구역은 남아프리카 공화국 등 남부 아프리카, 르완다, 부룬디 등 동부 아프리카, 가봉, 카메룬 등 중부 아프리카에 위치하였다. 어머니가 교육을 받은 경험이 있는 아동의 비율이 약 20% 이하인 행정구역은 기니, 말리, 부르키나 파소, 세네갈, 코트디부아르 등 서부 아프리카에 집중되었다(그림 13). 자산 최하위 또는 하위 분위에 속한 아동의 비율이 약 80% 이상인 행정구역은 고루 분포하였다. 개선된 식수에 대한 결과는 고루 분포하는 경향을 보였으나, 개선된 위생 시설을 이용하는 가구의 아동의 비율이 높은 행정구역은 주로 서부 아프리카를 제외한 지역에 분포하였다. 약 80% 이상의 아동에게 DPT3 3차 접종을 완료한 행정구역은 국가 단위로 뚜렷한 양상을 보였다(그림 14). 가나, 나미비아, 레소토, 르완다, 모잠비크, 부르키나 파소, 세네갈, 카메룬, 토고 등이 해당한다. 전날 모기장에서 취침한 아동의 비율이 약 60% 이상인 행정구역은 남부 아프리카를 제외하고 고르게 분포하였다. 발육부전 변수를 기준으로 했을 때와 마찬가지로 동부 아프리카의 빅토리아 호수 근처 행정구역의 수치가 높게 나타났다. 도시화 정도, 지표 온도, 강수량, 식생 지수는 발육부전 변수를 기준으로 하였을 때와 비슷한 양상을 띈다(그림 15).

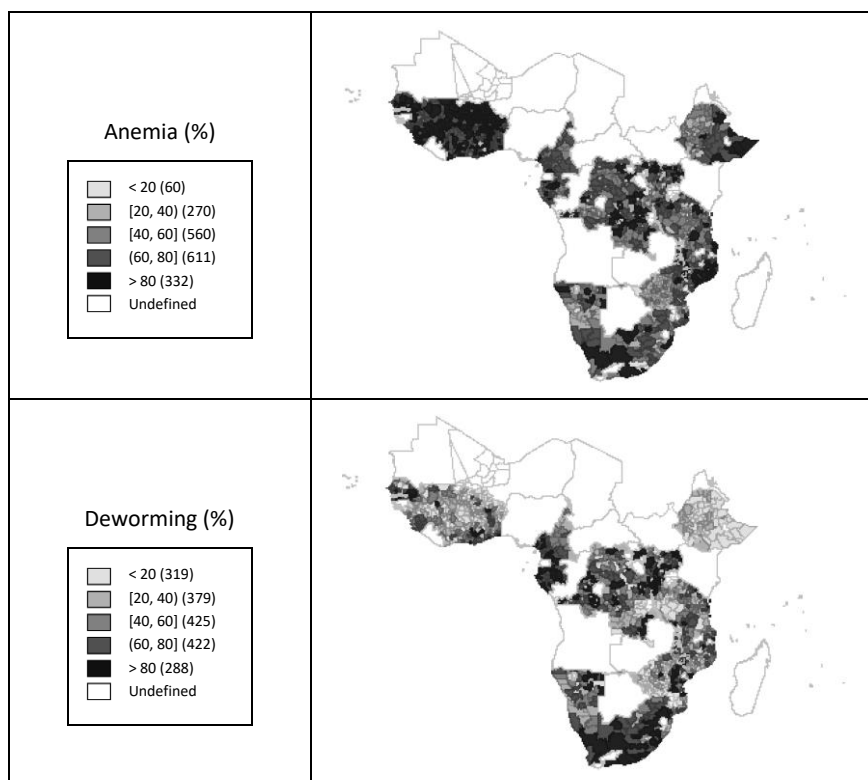


그림 11. 빈혈 및 구충제 복용 지도 시각화(23개국)

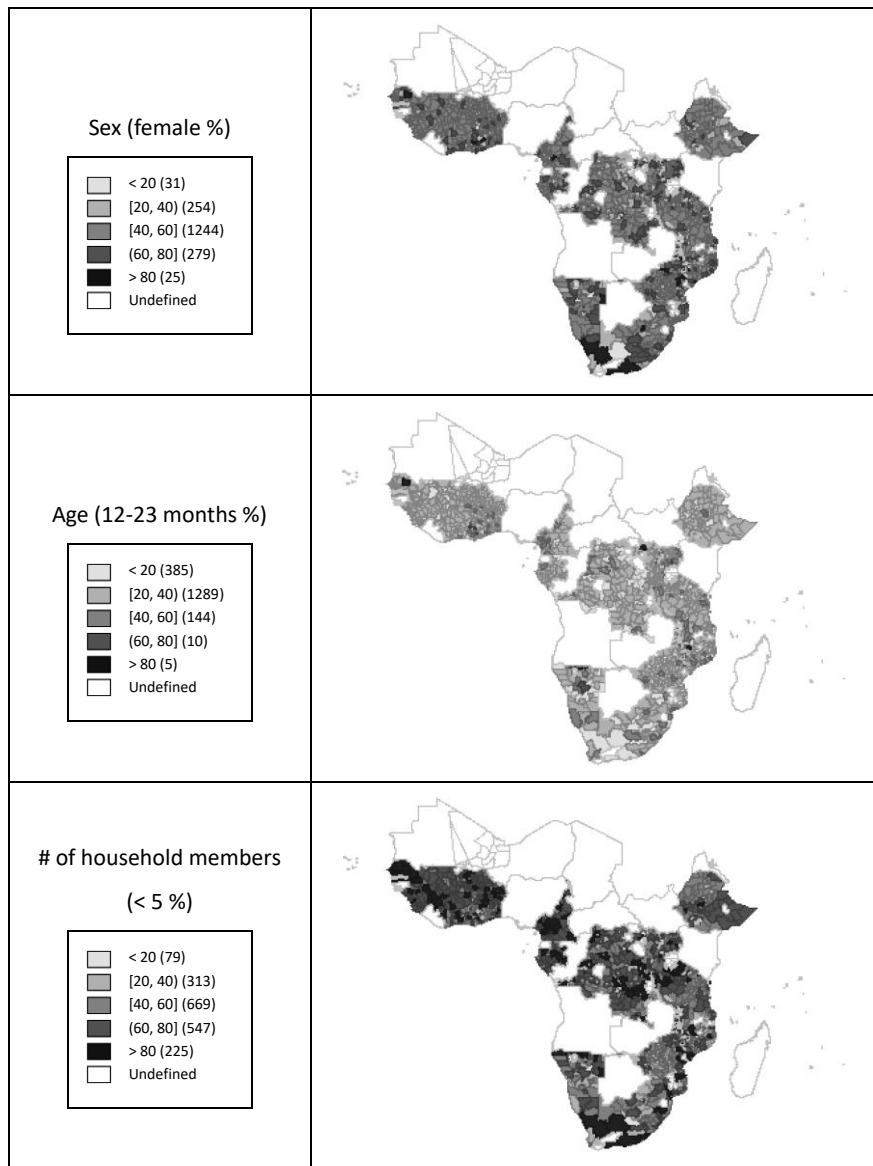


그림 12. 인구학적 변수 지도 시각화(23개국)

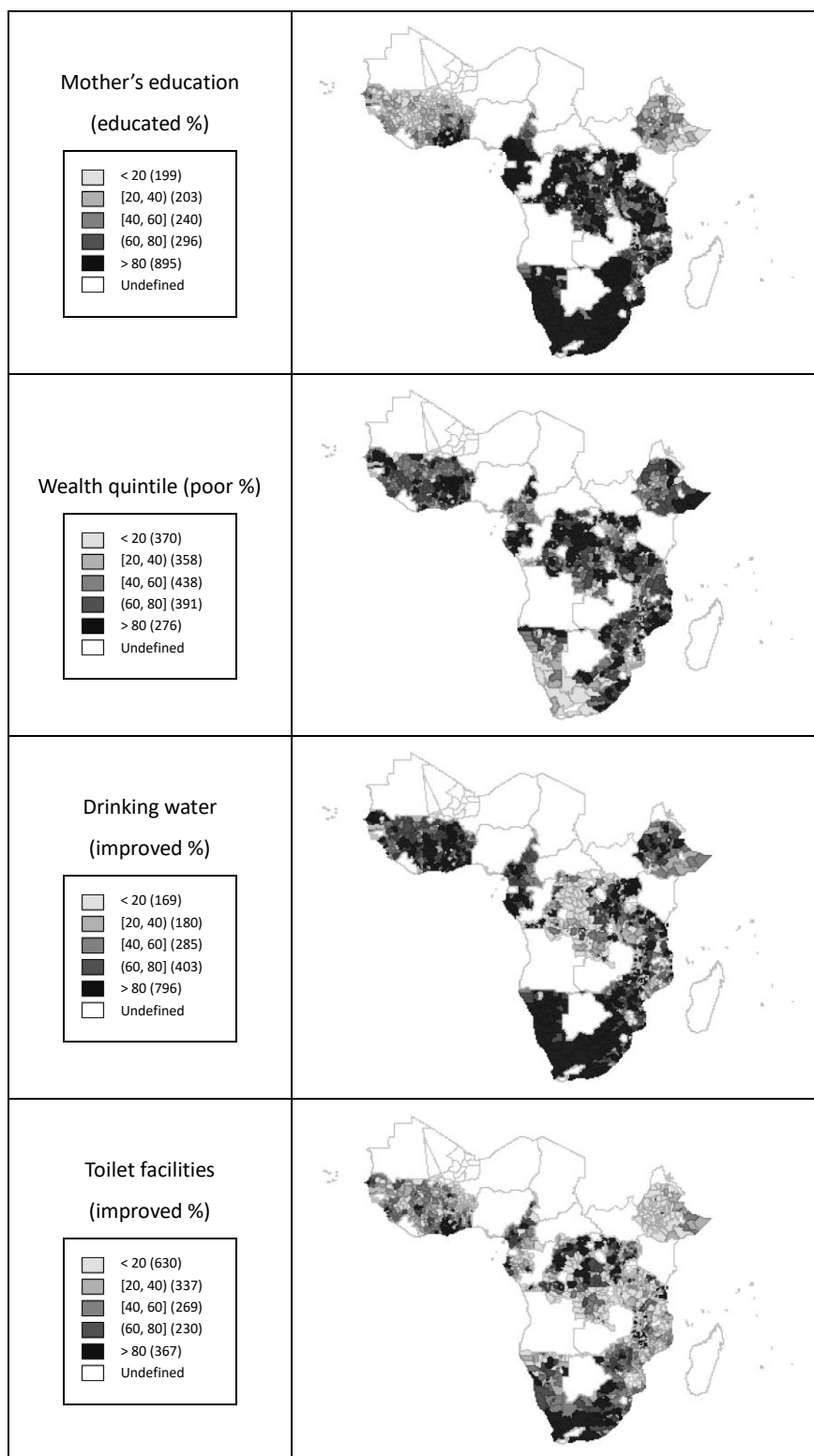


그림 13. 사회경제 변수 지도 시각화(23개국)

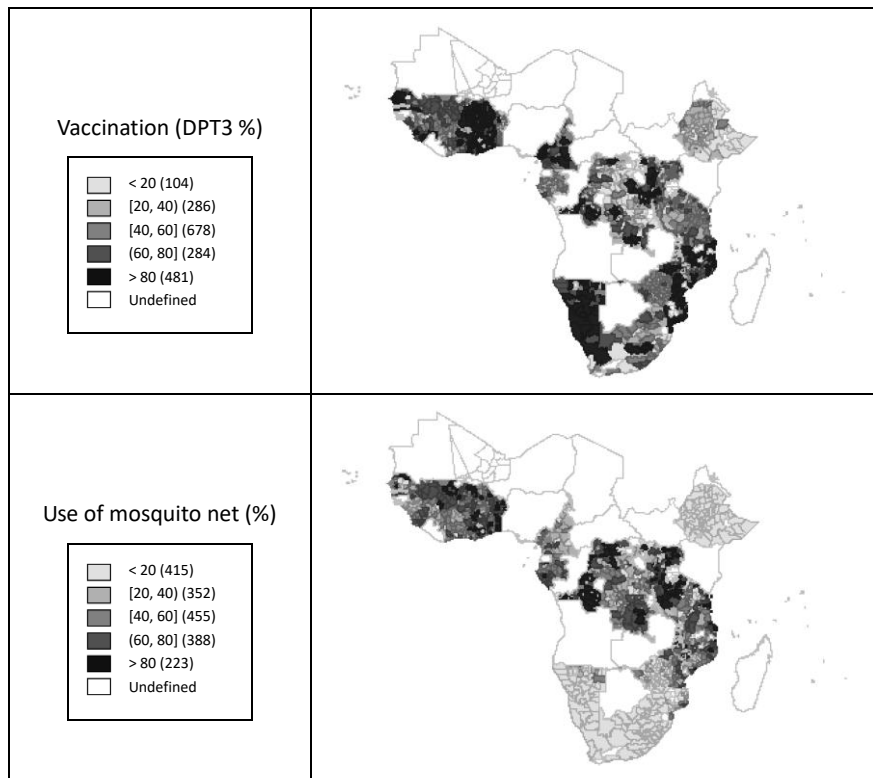


그림 14. 보건 프로그램 변수 지도 시각화(23개국)

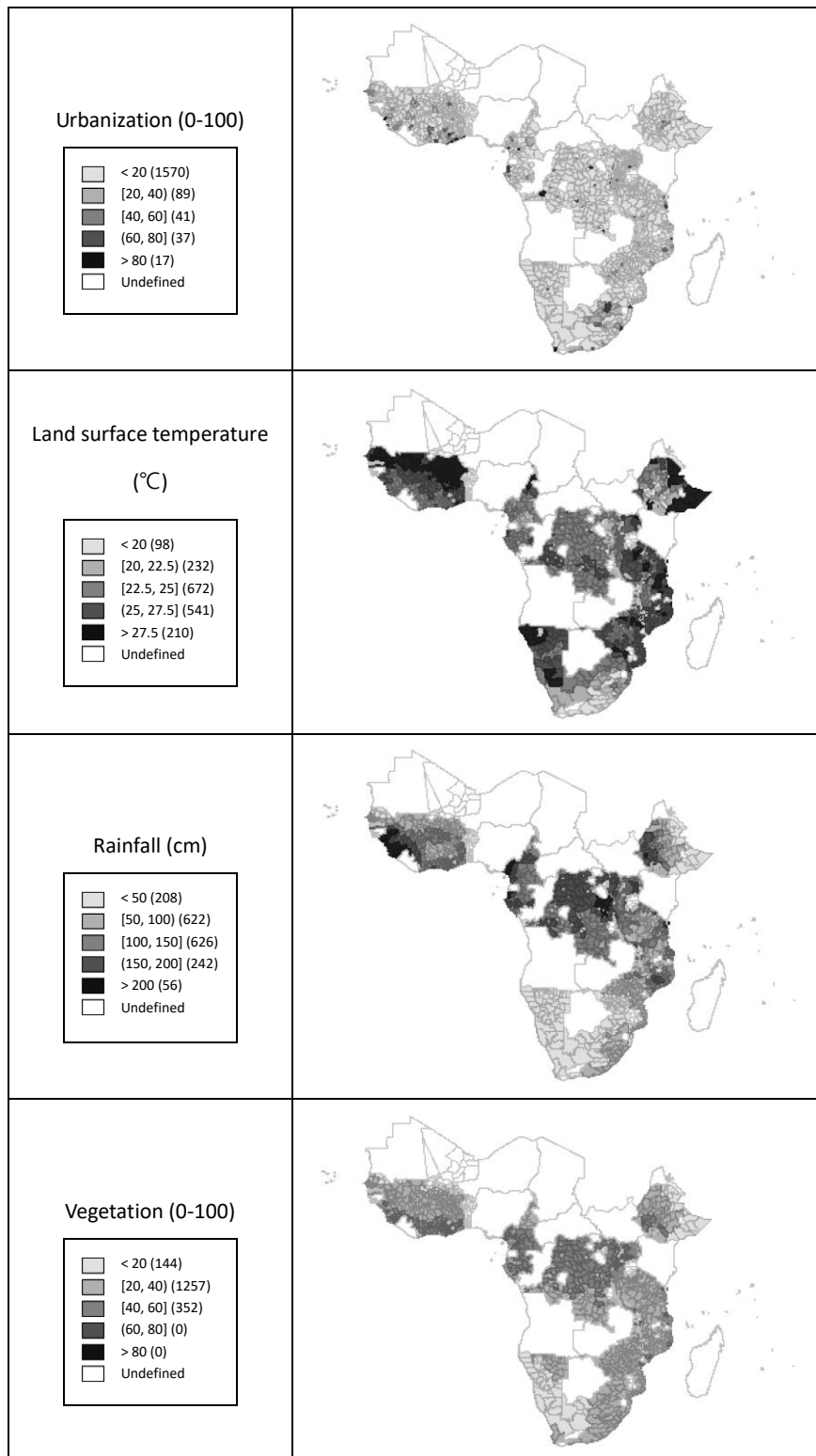


그림 15. 거주 형태 및 환경학적 변수 지도 시각화(23개국)

2. 공간자기상관분석 결과

1) 전역적 공간자기상관분석 결과

변수별 실시한 전역적 공간자기상관 검정 결과를 살펴보면 다음과 같다(표 18). 인구학적 변수인 성별과 연령 비율을 제외하면 나머지 모든 변수에서 Moran's I가 0.30 이상의 값을 나타내어 양(+)의 공간자기상관을 확인할 수 있다. 주요 종속변수인 발육부전은 0.48, 빈혈은 0.44의 Moran's I를 갖는다. 주요 독립변수인 구충제 복용의 경우 종속변수에 따라 각각 0.59, 0.55의 Moran's I를 갖는다. 개인 수준 변수 중 어머니 교육 수준에 대한 Moran's I는 종속변수가 달라져도 0.75 이상을 유지하여 강한 공간자기상관을 갖는다. DPT3 3차 접종 비율 및 전날 모기장 취침 비율에 대한 Moran's I도 0.60 이상을 유지하여 강한 공간자기상관을 갖는다. 행정구역 수준 변수 중 환경학적 변수인 지표 온도와 강수량, 식생 지수 모두 0.80 이상의 Moran's I를 나타내어 강한 공간자기상관을 갖는다.

표 18. 전역적 공간자기상관 결과

Global		Global	
Dependent variables	Moran's I	Dependent variables	Moran's I
Stunting (%)	0.475	Anemia (%)	0.439
Independent variables		Independent variables	
Deworming		Deworming	
Deworming (%)	0.589	Deworming (%)	0.553
Demographic		Demographic	
Sex (female %)	0.001	Sex (female %)	0.004
Age (12-23 months %)	0.046	Age (12-23 months %)	0.047
# of household members (> 5 %)	0.399	# of household members (> 5 %)	0.373
Socioeconomic		Socioeconomic	
Mother's education (educated %)	0.781	Mother's education (educated %)	0.756
Wealth quintile (poor %)	0.509	Wealth quintile (poor %)	0.393
Drinking water (improved %)	0.371	Drinking water (improved %)	0.391
Toilet facilities (improved %)	0.504	Toilet facilities (improved %)	0.544
Health programs		Health programs	
Vaccination (DPT3 %)	0.702	Vaccination (DPT3 %)	0.628
Use of mosquito net (%)	0.623	Use of mosquito net (%)	0.619
Type of residence		Type of residence	
Urbanization (0-100)	0.473	Urbanization (0-100)	0.334
Environmental		Environmental	
Land surface temperature (°C)	0.839	Land surface temperature (°C)	0.824
Rainfall (cm)	0.933	Rainfall (cm)	0.921
Vegetation (0-100)	0.815	Vegetation (0-100)	0.816

2) 국지적 공간자기상관분석 결과

국지적 공간자기상관분석 결과를 나타낸 그림에서 붉은색으로 표시된 지역은 기대값과 관측값이 모두 높게 나타난 핫스팟, 파란색으로 표시된 지역은 기대값과 관측값이 모두 낮게 나타난 콜드스팟을 의미한다. 연한 붉은색으로 표시된 지역은 기대값은 낮는데 관측값이 높게 나타난 지역, 연한 파란색으로 표시된 지역은 기대값은 높는데 관측값이 낮게 나타난 지역을 의미하며 본 검정 결과에서는 이상치에 해당한다. 이웃이 없는 지역은 프로그램상 자동으로 공간자기상관분석에서 제외되었다.

발육부전 변수를 기준으로 한 국지적 공간자기상관분석 결과는 다음과 같다. 발육부전에 대한 핫스팟은 부룬디, 모잠비크, 탄자니아 등 동부 아프리카와 나이지리아 일부 지역 등 서부 아프리카, 콩고 민주 공화국, 차드 등 중부 아프리카에서 주로 나타난다(그림 16). 콜드스팟은 남아프리카 공화국 등 남부 아프리카와 우간다, 케냐 등 동부 아프리카, 가나, 나이지리아 일부 지역 등 서부 아프리카에 주로 분포한다. 구충제 복용에 대한 핫스팟은 남아프리카 공화국 등 남부 아프리카와 잠비아, 르완다, 부룬디, 우간다 등 동부 아프리카, 카메룬, 콩고 민주 공화국 등 중부 아프리카에서 나타나며, 콜드스팟은 에티오피아, 짐바브웨, 케냐 등 동부 아프리카와 가나, 기니, 나이지리아, 말리, 부르키나 파소, 차드 등 서부 아프리카에 주로 위치한다. 남아프리카 공화국에 둘러싸여 있는 레소토는 구충제 복용의 콜드스팟에 해당한다. 어머니 교육 수준에 대한 핫스팟은 남아프리카 공화국, 레소토, 나미비아 등 남부 아프리카, 말라위, 우간다, 짐바브웨, 케냐 등 동부 아프리카, 가봉, 카메룬 등 중부 아프리카, 나이지리아 등 서부 아프리카에 위치한다(그림 18). 콜드스팟은 가나, 기니, 나이지리아, 라이베리아, 말리, 베냉, 부르키나 파소, 세네갈, 시에라리온, 코트디부아르 등 주로 서부 아프리카에 위치하고 에티오피아, 케냐 일부 지역 등 동부 아프리카와 차드 등 중부 아프리카에도 존

재한다. 개선된 식수를 이용하는 아동에 대한 핫스팟은 나미비아, 남아프리카 공화국 등 남부 아프리카와 말라위, 부룬디, 우간다 등 동부 아프리카에 위치한다. 콜드스팟은 모잠비크, 잠비아, 탄자니아 등 동부 아프리카, 콩고 민주 공화국 등 중부 아프리카, 나이지리아 일부 지역 등 서부 아프리카에 위치한다. 개선된 위생 시설을 이용하는 아동에 대한 핫스팟은 남아프리카 공화국 등 남부 아프리카와 나이지리아 일부 지역, 가나 등 서부 아프리카, 부룬디, 말라위, 르완다 등 동부 아프리카에 위치한다. 콜드스팟은 모잠비크, 에티오피아, 우간다, 잠비아, 탄자니아 등 동부 아프리카, 베냉, 부르키나 파소 등 서부 아프리카, 나미비아 등 남부 아프리카, 차드 등 중부 아프리카에 위치한다. DPT3 접종에 대한 핫스팟은 가나, 나미비아, 레소토, 르완다, 모잠비크, 부르키나 파소, 세네갈, 잠비아, 카메룬, 케냐 등 주로 국가 단위로 나타난다(그림 19). 모기장 이용에 대한 핫스팟은 가나, 말리, 베냉 등 서부 아프리카, 콩고 민주 공화국 등 중부 아프리카, 르완다, 우간다, 케냐, 탄자니아 등 동부 아프리카에서 나타난다. 행정구역 수준 변수 중 도시화 정도는 핫스팟의 면적이 좁고 콜드스팟의 면적이 넓다(그림 20). 지표 온도는 사하라 사막과 가까운 지역 등에서 핫스팟이 주로 나타났고, 강수량 및 식생 지수는 동부 아프리카와 서부 아프리카 일부에서 핫스팟이 나타났다.

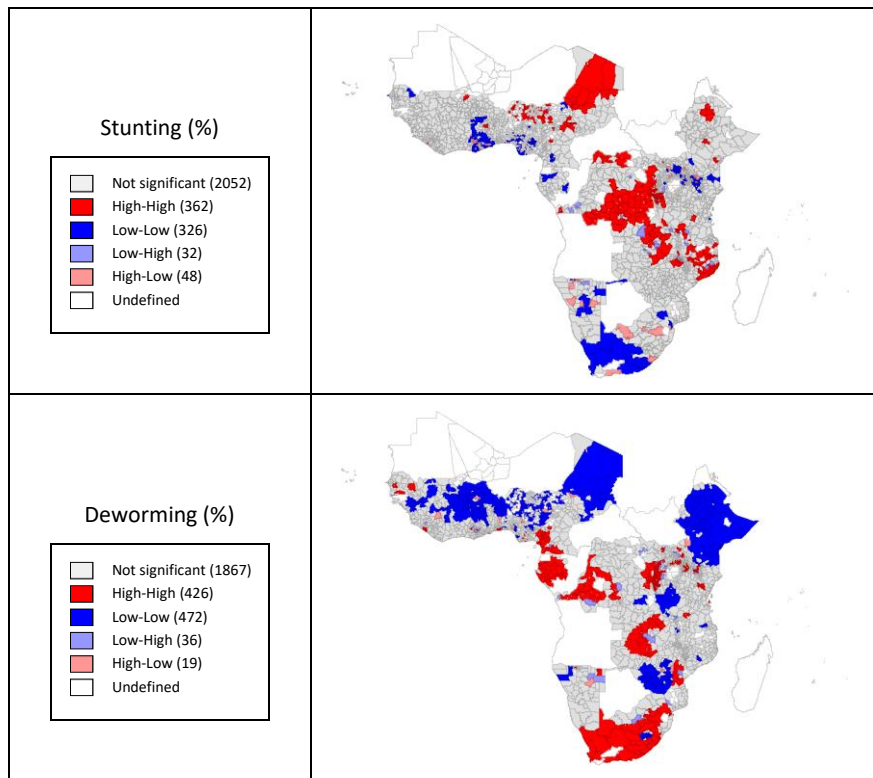


그림 16. 발육부전 및 구충제 복용 공간자기상관분석(28개국)

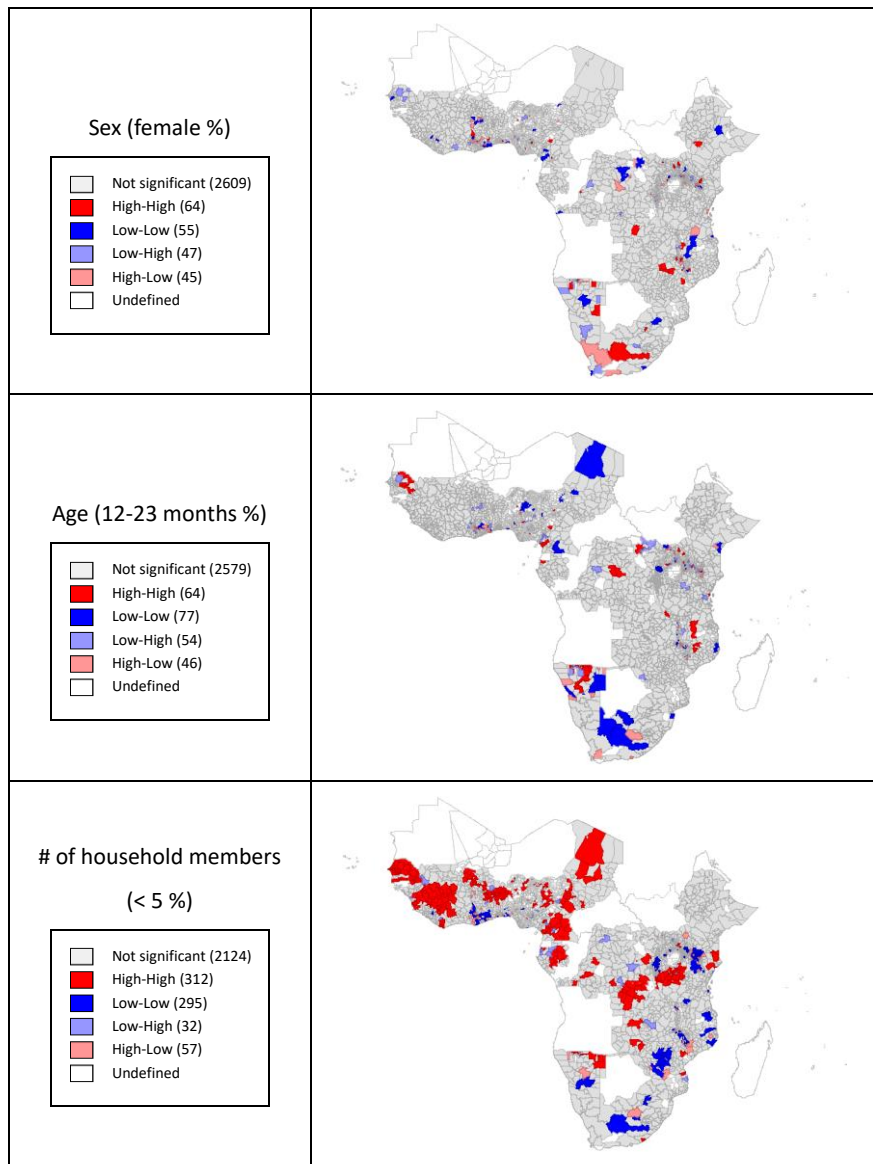


그림 17. 인구학적 변수 공간자기상관분석(28개국)

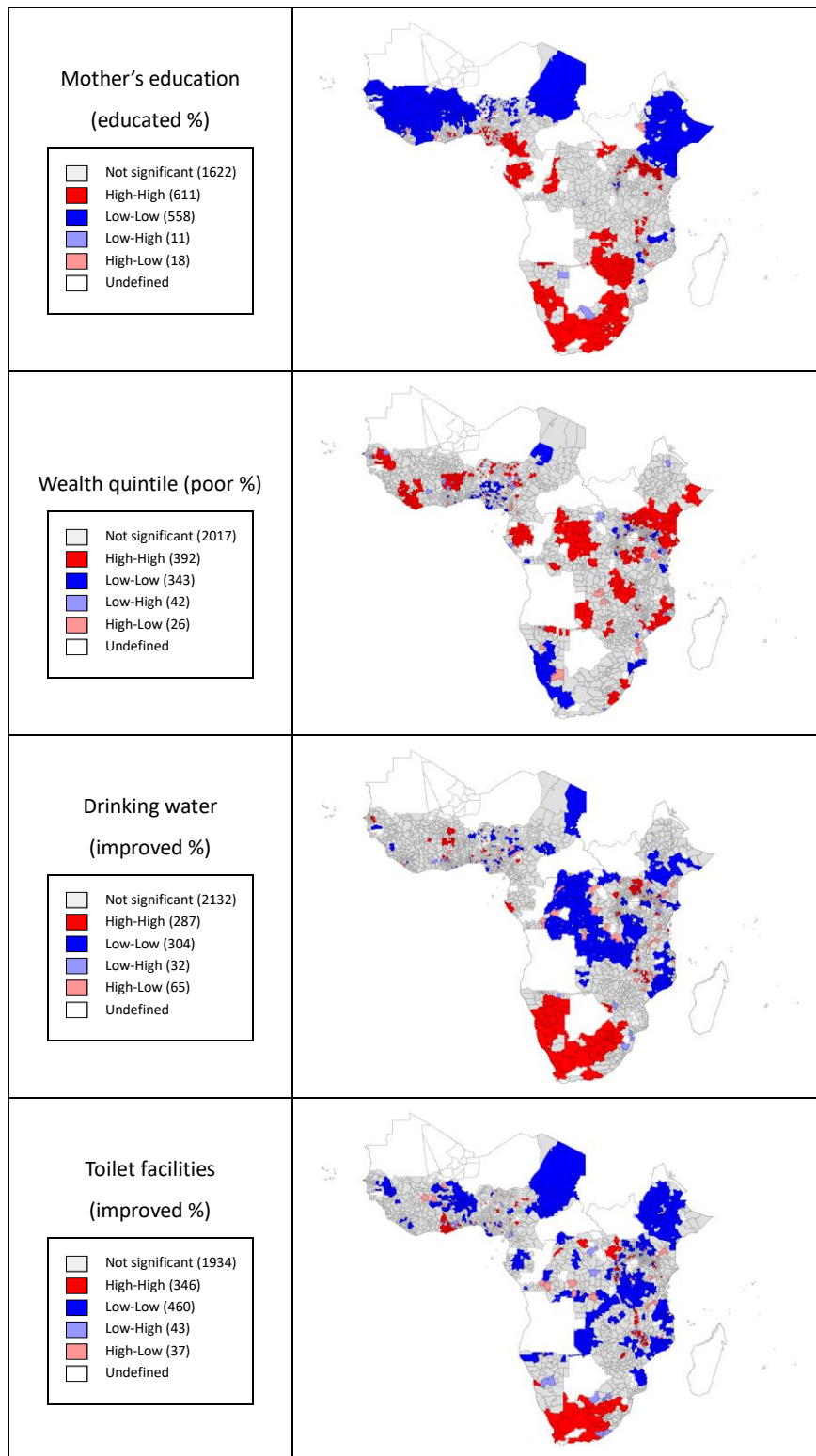


그림 18. 사회경제 변수 공간자기상관분석(28개국)

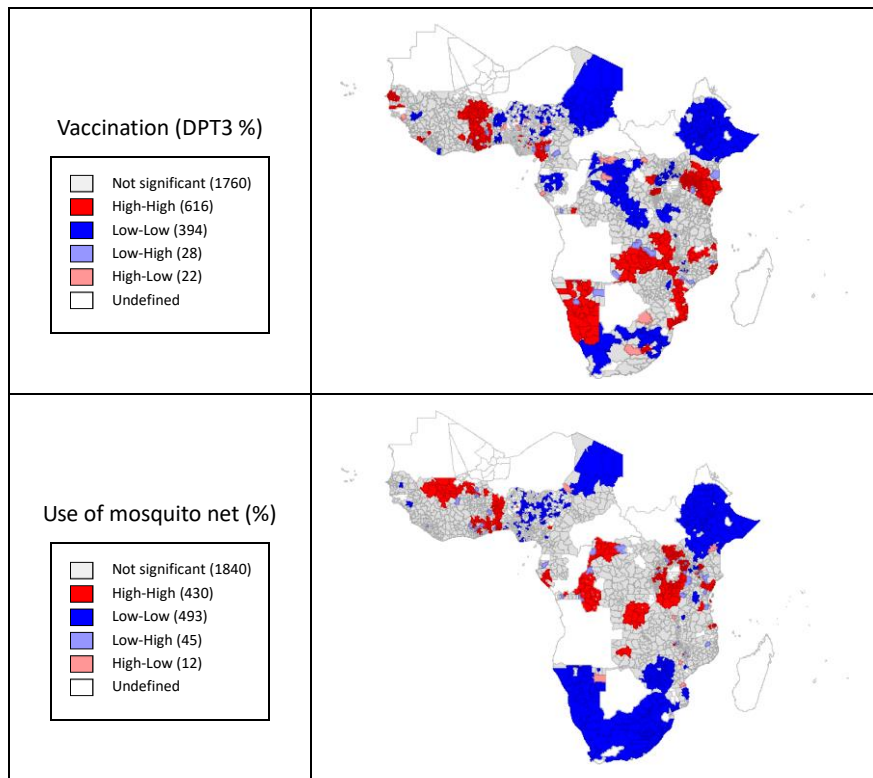


그림 19. 보건 프로그램 변수 공간자기상관분석(28개국)

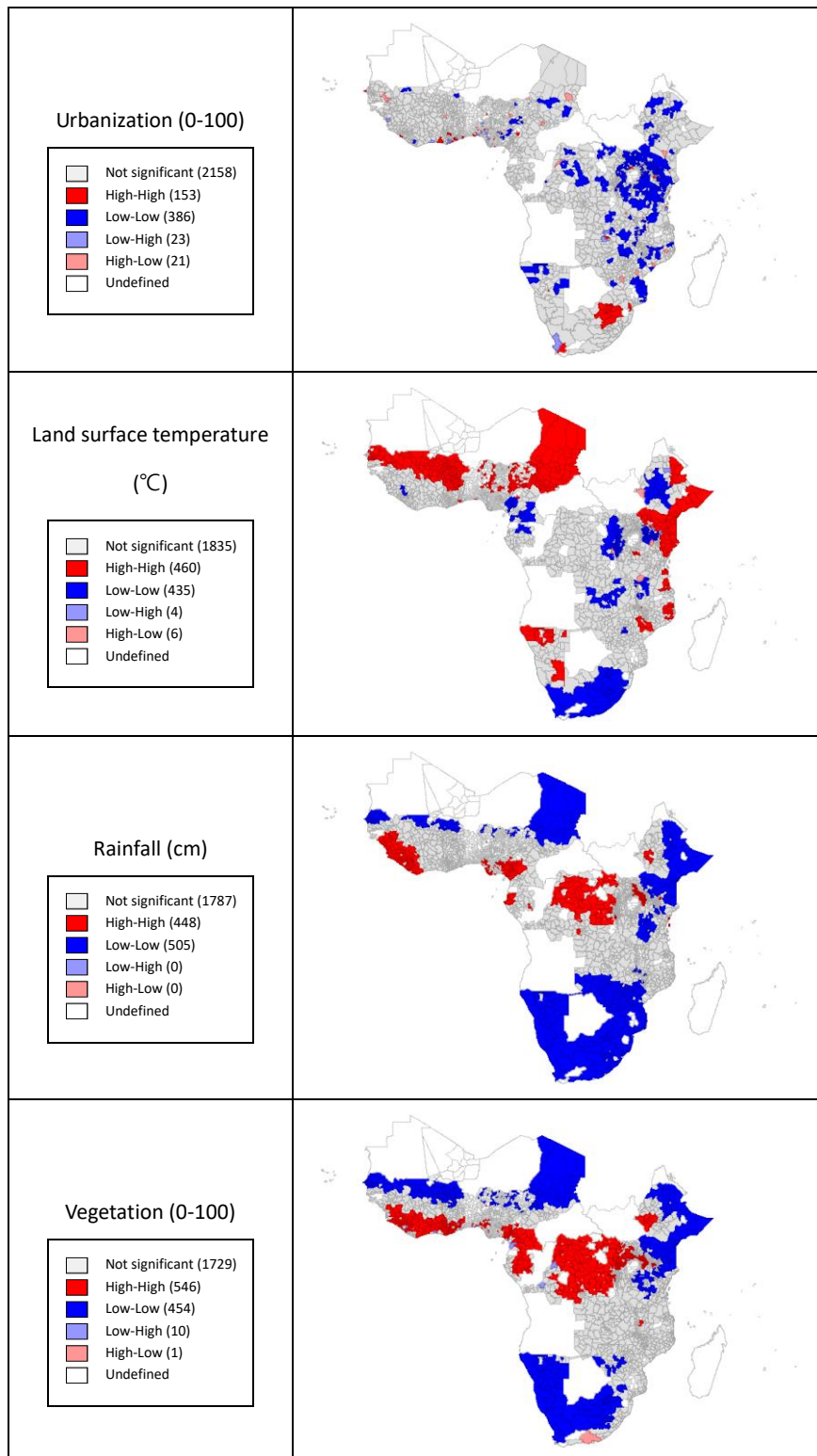


그림 20. 거주 형태 및 환경학적 변수 공간자기상관분석(28개국)

빈혈 변수를 기준으로 한 국지적 공간자기상관분석 결과는 다음과 같다. 빈혈에 대한 핫스팟은 가나, 기니, 말리, 베냉, 부르키나 파소, 세네갈, 시에라리온, 코트디부아르, 토고 등 서부 아프리카에 특히 집중되었다(그림 21). 콜드스팟은 나미비아 등 남부 아프리카와 르완다, 부룬디, 에티오피아, 우간다, 짐바브웨, 탄자니아 등 동부 아프리카에 존재한다. 구충제 복용에 대한 핫스팟은 남아프리카 공화국 등 남부 아프리카와 가봉, 베냉, 카메룬 등 중부 아프리카에서 주로 나타나며 르완다, 부룬디, 우간다 등 동부 아프리카에도 위치한다. 콜드스팟은 에티오피아, 짐바브웨, 탄자니아를 비롯한 동부 아프리카와 가나, 기니, 말리, 베냉, 부르키나 파소, 코트디부아르 등 서부 아프리카, 레소토 등 남부 아프리카에 위치한다. 어머니 교육 수준에 대한 핫스팟은 말라위, 우간다, 짐바브웨 등 동부 아프리카, 가봉, 카메룬 등 중부 아프리카, 나미비아, 남아프리카 공화국, 레소토 등 남부 아프리카에서 관찰된다(그림 23). 콜드스팟은 가나, 기니, 말리, 베냉, 부르키나 파소, 세네갈, 시에라리온, 코트디부아르 등 주로 서부 아프리카에 위치하고 부룬디, 에티오피아 등 동부 아프리카에도 존재한다. 개선된 식수를 이용하는 아동에 대한 핫스팟은 나미비아, 남아프리카 공화국 등 남부 아프리카와 말라위, 부룬디, 우간다 등 동부 아프리카에 위치한다. 콜드스팟은 모잠비크, 탄자니아 등 동부 아프리카와 콩고 민주 공화국 등 중부 아프리카에 위치한다. 개선된 위생 시설을 이용하는 가구에 속한 아동에 대한 핫스팟은 식수 변수와 비슷한 양상이나, 우간다에서는 거의 나타나지 않았고 서부 아프리카의 가나에서 다수 나타났다. 콜드스팟은 베냉, 부르키나 파소 등 서부 아프리카와 모잠비크, 에티오피아, 탄자니아 등 동부 아프리카, 나미비아 등 남부 아프리카에 분포한다. DPT3 접종에 대한 핫스팟은 가나, 나미비아, 레소토, 르완다, 모잠비크, 부르키나 파소, 세네갈, 카메룬, 토고 등 주로 국가 단위로 나타난다(그림 24). 모기장 이용에 대한 핫스팟은

가나, 말리, 베냉 등 서부 아프리카, 콩고 민주 공화국 등 중부 아프리카, 르완다, 우간다, 탄자니아 등 동부 아프리카에서 나타난다. 행정구역 수준 변수 중 도시화 정도는 핫스팟의 면적이 좁고 쿨드스팟의 면적이 넓다(그림 25). 지표 온도는 사하라 사막과 가까운 지역 등에서 핫스팟이 나타났고, 강수량 및 식생 지수는 동부 아프리카와 서부 아프리카 일부에서 핫스팟이 나타났다.

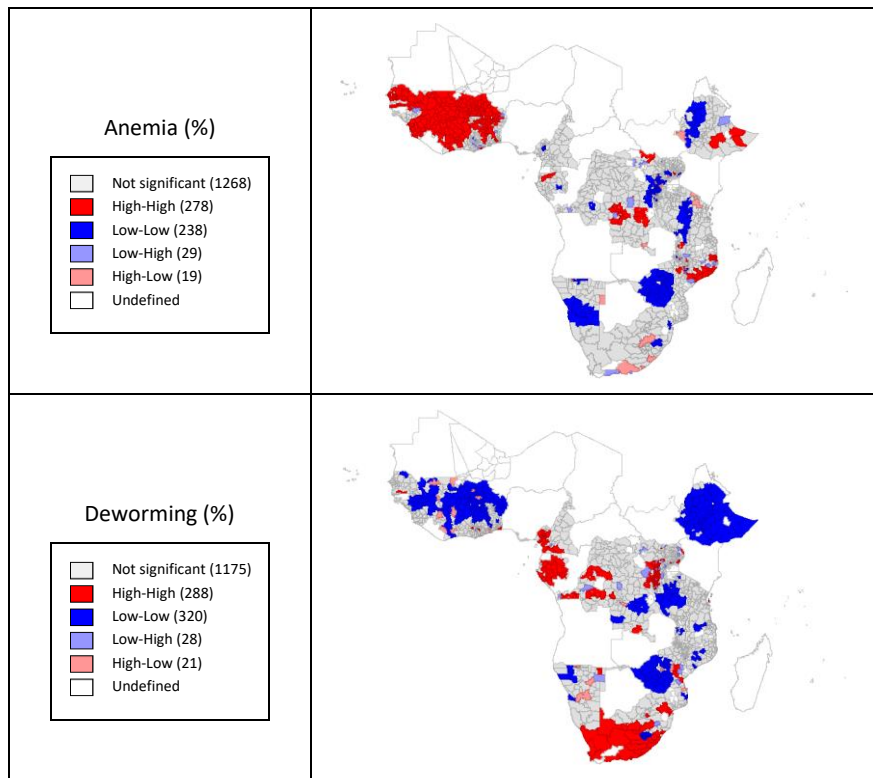


그림 21. 빈혈 및 구충제 복용 공간자기상관분석(23개국)

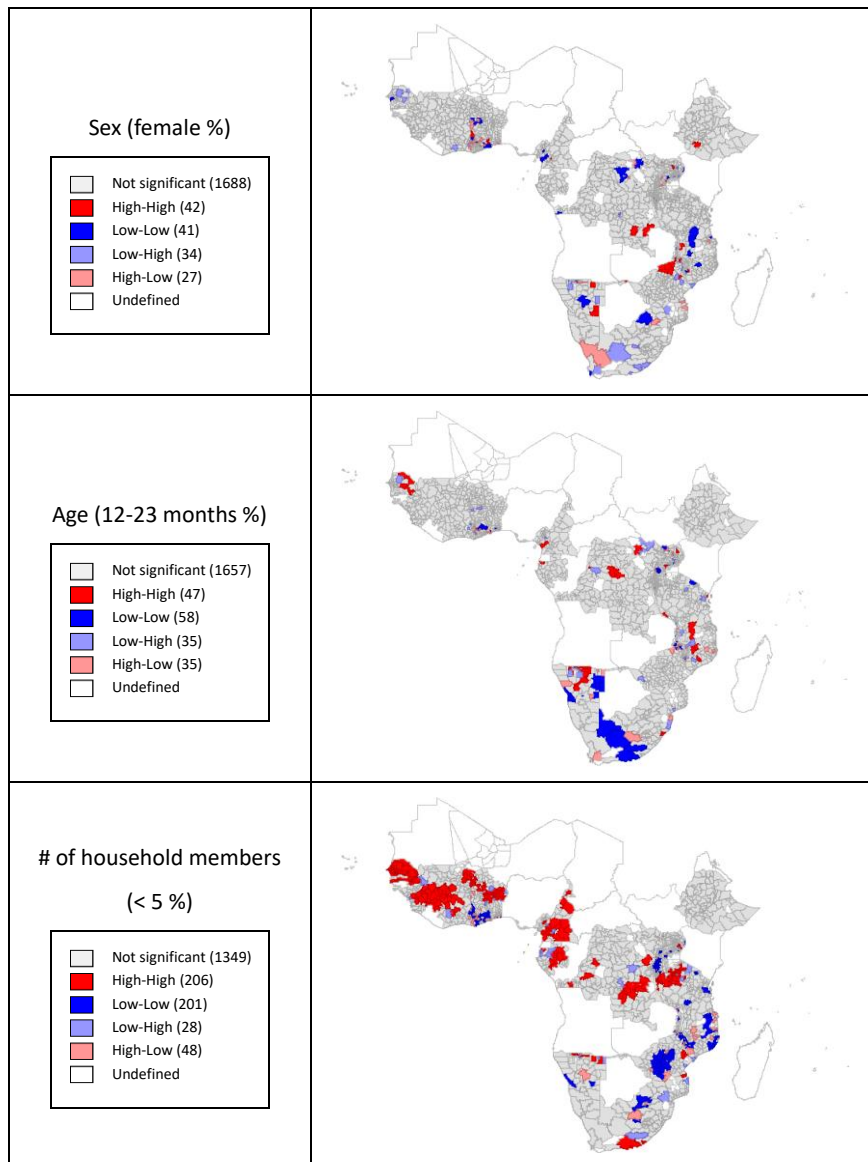


그림 22. 인구학적 변수 공간자기상관분석(23개국)

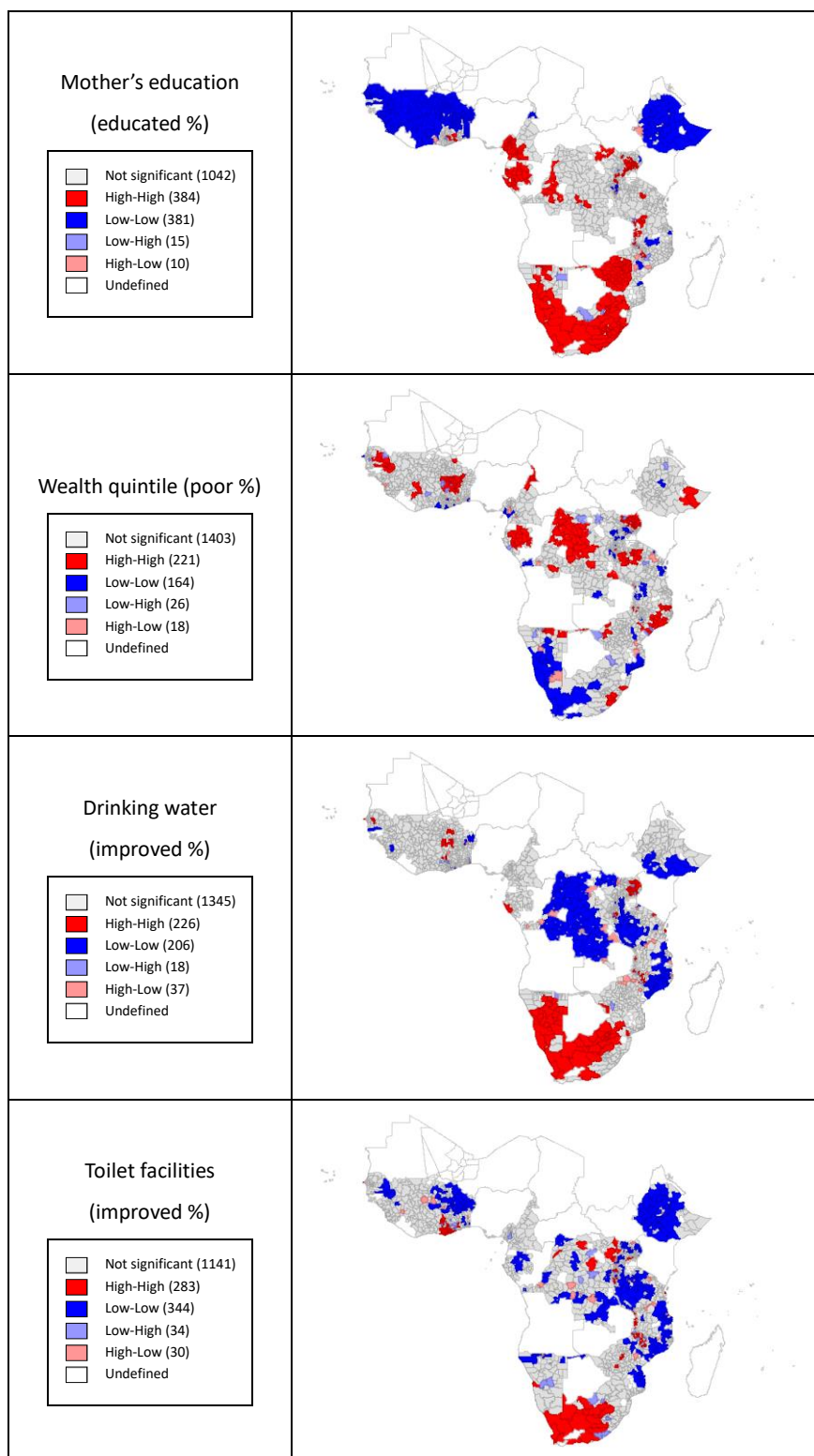


그림 23. 사회경제 변수 공간자기상관분석(23개국)

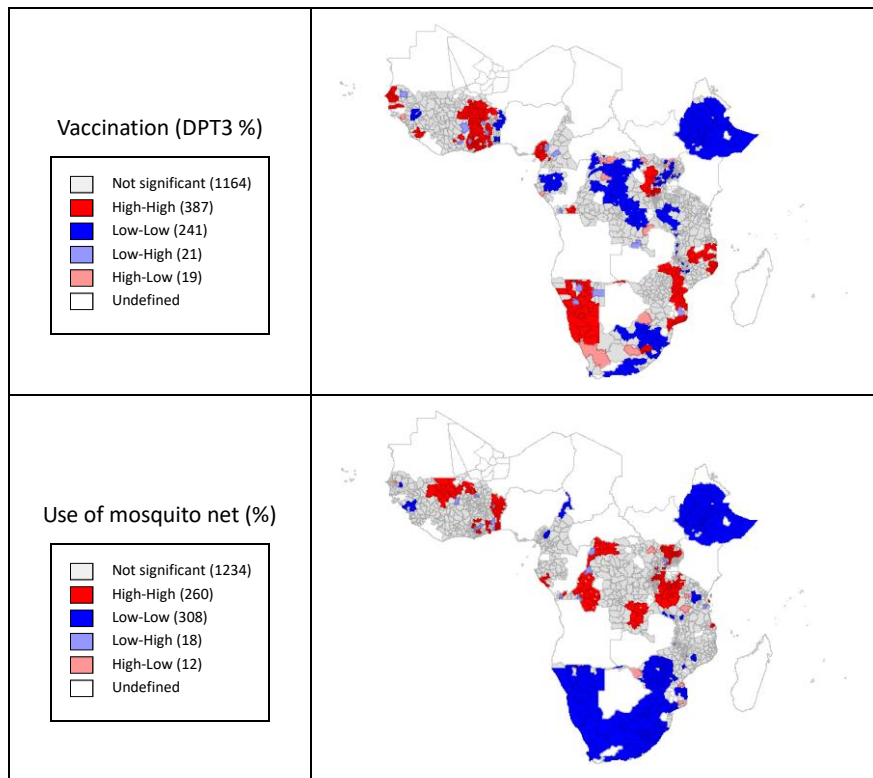


그림 24. 보건 프로그램 변수 공간자기상관분석(23개국)

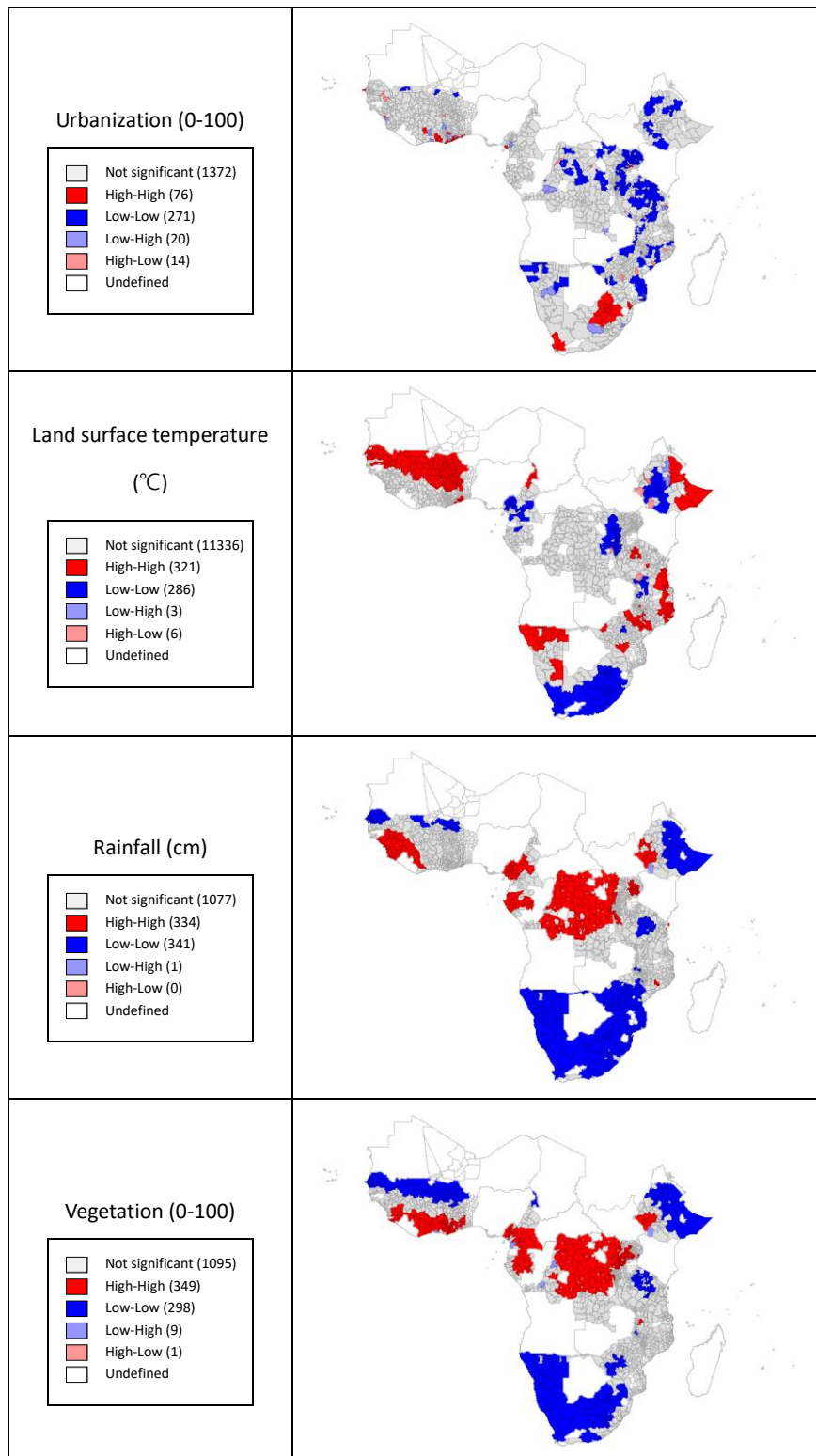


그림 25. 거주 형태 및 환경학적 변수 공간자기상관분석(23개국)

제 5 장 결론 및 고찰

제 1 절 연구 결과에 대한 고찰

본 연구에서는 사하라이남 아프리카 5세 미만 미취학 연령 아동의 만성적 건강 결과 중 발육부전 및 빈혈 상태를 선정하여 최근 6개월 이내의 구충제 복용과 어떠한 관계를 가지는지 분석하였다. 2010~2018년 DHS 자료가 존재하는 28개 국가의 2,821개 행정구역 및 130,201명(빈혈 변수 기준 23개 국가, 1,833개 행정구역 및 77,009명)의 미취학 연령 아동을 대상으로 하였다. 다수준 분석을 실시하여 개인적 특성뿐 아니라 지역적 특성이 어떠한 영향을 미치는지 확인하고자 하였다. 또한 공간 분석을 실시하여 지역 단위의 특성이 서로 군집 현상을 보이는지 확인하고자 하였다.

분석 대상 인구로 선정된 미취학 연령 아동 130,201명 중 39.9%가 중등도 이상의 발육부전에 해당하였고, 혈액 검사를 한 77,009명 중 62.2%가 빈혈에 해당하였다. 최근 6개월 이내 구충제 복용률은 각각 43.1%, 45.6%였다. 세계보건기구가 권장하는 구충제 복용률 목표치는 75%로서, 목표치가 취학 연령 아동을 기준으로 설정된 것임을 고려하더라도 이에 못 미치는 수준이다. 주요 독립변수인 구충제 복용 여부 외에도 사회경제 변수(어머니의 교육 수준, 가구 자산 분위, 개선된 식수, 개선된 위생 시설), 보건 프로그램 변수(DPT3 3차 접종, 전날 모기장 취침)를 개인 수준에서 통제하였고, 거주 형태 변수(도시화 정도), 환경학적 변수(지표 온도, 강수량, 식생 지수)를 행정구역 수준에서 통제하였다.

공간 분석을 위해 개인 수준 자료에 조사구별 가중치를 적용하여 행

정구역 수준의 비율(%) 형태로 재계산하는 과정을 거쳤다. 28개 국가의 2,821개 행정구역별 발육부전 비율은 평균 37.3%, 23개 국가의 1,833개 행정구역별 빈혈 비율은 평균 59.9%이었다. 최근 6개월 이내 구충제 복용률은 각각 45.9%, 49.7%로서, 개인 수준 자료에서 나타난 것과 마찬가지로 세계보건기구의 권장 목표치에 미달하는 값으로 추정되었다.

1. 다수준 분석 결과 고찰

다수준 분석을 실시하기 전, 개인 수준 변수만을 포함하여 수행한 일반 로지스틱 회귀분석 결과의 주요 사항은 다음과 같다. 구충제 복용을 한 아동과 그렇지 않은 아동의 발육부전의 오즈비는 5% 수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(OR: 1.02, 95% CI: 1.00-1.05). 그리고 구충제 복용을 한 아동일수록 빈혈인 오즈비는 감소하는 것으로 나타났다(OR: 0.90, 95% CI: 0.88-0.93).

개인 수준과 행정구역 수준 변수를 모두 포함하여 수행한 다수준 로지스틱 회귀분석 결과 중 주요 사항은 다음과 같다. 발육부전을 종속변수로 하는 기초 모형1에서 임의 효과의 급내상관계수는 0.12로 나타나 전체 분산 중 지역 수준 분산이 12%를 차지하였다. 개인 수준 변수만을 추가한 모형 2에서 급내상관계수는 0.09, 개인 수준 및 행정구역 수준 변수를 모두 추가한 모형 3에서 급내상관계수는 0.08로서, 모든 모형에서 전체 분산 중 행정구역 수준 분산은 약 8% 이상이었다. 모형 3에서 최근 6개월 이내에 구충제를 복용하지 않은 경우에 비해, 복용한 경우에 발육부전인 오즈비가 0.96배 낮았다(95% CI: 0.93-0.99). 빈혈을 종속변수로 하는 기초 모형 1에서 임의 효과의 급내상관계수는 0.16, 모형 2에서는 0.15, 모형 3에서는 0.12로서 모든 모형에서 전체 분산 중 행정구역 수준 분산이 약 12% 이상이었다. 모형 3에서 최근 6개월 이내에

구충제를 복용하지 않은 경우에 비해, 복용한 경우에 빈혈인 오즈비가 0.96배 낮았다(95% CI: 0.92-0.99).

발육부전 변수를 기준으로 보면 일반 로지스틱 회귀분석에서는 통계적으로 유의하지 않았으나 다수준 로지스틱 회귀분석에서는 유의한 결과를 보였다. 빈혈 변수를 기준으로 보면 일반 로지스틱 회귀분석에서보다 다수준 로지스틱 회귀분석에서 통계적 유의성이 낮아졌다. 한편 다수준 분석 결과는 모두 5% 수준에서 통계적으로 유의하였으나 구충제 복용에 대한 건강 결과의 오즈비가 0.96배 낮은 것에 그쳤다. 종속변수인 건강 결과의 유병률과 독립변수인 구충제 복용의 노출 비율이 모두 오즈비를 사용하기에 높은 경향이 있으므로, 오즈비 대신 상대 위험도를 사용할 경우 통계적으로 유의하지 않은 결과가 도출될 가능성이 있다. 이는 구충제 복용과 같은 보건 프로그램을 평가할 때에 지역 수준의 분산을 고려하는 것에 따라 결과가 달라질 수 있다는 것을 주장하는 근거가 되는 반면, 연구의 분석 모형이 불안정할 가능성을 제기하는 근거가 될 수 있다.

분석 모형이 불안정할 가능성을 갖는 여러 이유를 예상해볼 수 있다. 2차 자료이자 단면 자료라는 한계로 인해 변수의 선정에 어려움이 있었다. 또한 최근 6개월 이내의 구충제 복용 여부가 발육부전이라는 만성적 건강 결과에 영향을 미치기에는 짧은 기간이라는 점이 있다. 1년 1~2회의 주기적인 구충제 복용을 가정하였을 때에 몇 년 뒤 건강 결과가 어떻게 달라질 것인지 시간 격차를 반영한 연구가 필요하다. 기생충 유병률이 높지 않은 지역에서도 개인의 감염 여부와 관계 없이 동일하게 집단 투약방식을 적용하는 구충제 프로그램의 특성상, 프로그램의 효과가 ‘희석되어(diluted)’ 나타났을 가능성도 있다(Lo et al., 2018).

통제변수와 관련된 주요 결과는 다음과 같다. 일반 로지스틱 회귀분석 및 다수준 로지스틱 회귀분석의 여러 모형에서 일관된 양상을 나타낸

변수가 존재한다. 사회경제 변수 중 어머니의 교육 수준이 높아질수록, 가구 자산 분위가 높아질수록 발육부전 또는 빈혈인 오즈비는 각각 유의하게 감소하였다. 구충제 복용을 포함하여 DPT3 3차 접종이나 모기장 취침과 같은 보건 프로그램보다도, 미취학 연령 아동의 건강 결과에는 보호자의 사회경제적 수준의 영향이 통계적으로 유의미하다는 가설을 끌어낼 수 있다. 행정구역 수준 변수가 포함된 다수준 로지스틱 회귀분석 모형에서 환경학적 변수인 지표 온도는 건강 결과에 따른 오즈비에 모두 통계적으로 유의한 영향을 미쳤다. 이는 지역의 환경학적 특성이 보건학적 분석에 적절하게 활용되어야 한다는 주장을 뒷받침할 수 있다.

반면 DPT3 3차 접종을 완료한 아동일수록 발육부전인 오즈비는 유의하게 감소하였으나 빈혈인 오즈비는 유의하게 증가하였다. 빈혈 변수의 기준이 되었던 연구 대상 아동은 혈액 검사에 선정된 가구에 속하여 검사를 받은 아동으로 제한한 것이 처음부터 선택 편향을 가져왔을 가능성이 있다. DHS 웹페이지에 명시된 바에 의하면^④, 혈액 검사에 선정되는 기준은 설문 응답자의 자발적인 지원에 의해 이루어진다. 그러므로 빈혈이 있는 아동이 속한 가구일수록 자발적인 혈액 검사에 지원하였을 가능성이 있고, DPT3 3차 접종 등 보건 프로그램에 더 관심을 기울였을 가능성이 있다.

2. 공간 분석 결과 고찰

앞서 수행한 다수준 분석 결과, 연구 모형의 임의 효과 부분에서 전체 수준 분산 중 행정구역 수준 분산이 약 8%에서 16% 사이에 해당하며 통계적으로 유의하였다. 즉 지역 수준의 이질성을 반영하지 않고 개인 수준으로만 분석할 때에 모형 내에서 오차를 충분히 통제하지 못할

^④ <https://dhsprogram.com/topics/Anemia.cfm>

가능성을 보여준다. 따라서 주요 분석 대상 변수를 행정구역 수준 지도로 시각화하여 지역별 이질성을 가늠할 필요가 있다. 또한 인접한 지역이 먼 지역보다 더 유사하다는 공간 의존성의 개념을 도입하여 통계적으로 유의한 공간자기상관관계가 있는지, 핫스팟과 콜드스팟은 어떤 지역에서 나타나는지 파악할 필요가 있다.

먼저 발육부전 변수를 기준으로 28개국 2,821개 행정구역을 지도 시각화한 결과 중 주요 사항은 다음과 같다. 미취학 연령 아동의 발육부전 비율이 약 60% 이상인 행정구역은 주로 동부 및 중부 아프리카에 집중되었으며, 구체적으로 모잠비크, 부룬디, 카메룬, 콩고 민주 공화국 등의 국가를 꼽을 수 있다. 구충제 복용률이 약 80% 이상인 행정구역은 주로 서부 아프리카를 제외한 국가에 집중되었다. 빈혈 변수를 기준으로 23개국 1,833개 행정구역을 지도 시각화한 결과 중 주요 사항은 다음과 같다. 미취학 연령 아동의 빈혈 비율이 약 80% 이상인 행정구역은 서부 아프리카에 위치한 대부분의 국가에 집중되었다. 구충제 복용률이 약 80% 이상인 행정구역은 주로 서부 아프리카를 제외한 지역에 집중되었다. 이는 미취학 연령 아동의 건강 결과가 좋지 않은 지역에 구충제 복용 프로그램이 충분히 시행되고 있지 않을 가능성을 지적한다.

변수별로 실시한 전역적 공간자기상관분석 결과를 살펴보면, 발육부전과 빈혈의 Moran' I 값이 각각 0.48, 0.44로 높았고, 구충제 복용의 Moran' I 값 또한 종속변수에 따라 각각 0.59, 0.55로 높았다. 인구학적 변수를 제외한 모든 통제변수에서 Moran's I 값이 0.35에서 0.95 사이로 나타나, 통계적으로 유의한 양(+)의 공간자기상관성이 있다는 것을 확인할 수 있다.

국지적 공간자기상관분석 결과 중 주요 사항은 다음과 같다. 발육부전의 핫스팟은 남부 아프리카를 제외한 국가에서 주로 나타나고 콜드스팟은 남부 아프리카를 포함하여 주로 분포한다. 반면 구충제 복용의 핫

스팟은 서부 아프리카를 제외한 국가에서 주로 나타나고 콜드스팟은 동부 및 서부 아프리카에서 주로 나타난다. 발육부전과 구충제 복용의 공간 군집 현상이 서로 음(-)의 관계를 가질 것으로 예상해 볼 수 있다. 남아프리카 공화국은 발육부전의 콜드스팟과 구충제 복용의 핫스팟을 보여, 건강 결과가 좋고 구충제 복용이 잘 이루어지는 국가로 꼽힌다. 그러나 차드는 발육부전의 핫스팟과 구충제 복용의 콜드스팟을 보여, 건강 결과가 나쁘고 구충제 복용이 잘 이루어지지 않는 국가로 꼽힌다. 서부 아프리카의 가나, 나이지리아 등 일부 국가 내에서는 발육부전의 콜드스팟과 구충제 복용의 콜드스팟이 함께 나타나, 구충제 복용이 아닌 다른 요인이 발육부전에 더 영향을 주는 지역이 있다는 것을 예측할 수 있다.

빈혈의 핫스팟은 서부 아프리카에 특히 집중되어 있는 반면, 구충제 복용의 핫스팟은 서부 아프리카를 제외한 나머지 지역에 주로 위치한다. 빈혈과 구충제 복용의 공간 군집 현상이 서로 음(-)의 관계를 가질 것으로 예상해 볼 수 있다. 남아프리카 공화국과 르완다, 부룬디, 우간다 등은 빈혈의 콜드스팟과 구충제 복용의 핫스팟을 보여, 건강 결과가 좋고 구충제 복용이 잘 이루어지는 국가로 꼽힌다. 그러나 서부 아프리카의 가나, 기니, 말리, 베냉, 부르키나 파소, 코트디부아르 등은 빈혈의 핫스팟과 구충제 복용의 콜드스팟을 보여, 건강 결과가 나쁘고 구충제 복용이 잘 이루어지지 않는 국가로 꼽힌다. 동부 아프리카의 에티오피아, 짐바브웨, 탄자니아 등에서는 빈혈의 콜드스팟과 구충제 복용의 콜드스팟이 함께 나타나, 구충제 복용이 아닌 다른 요인이 빈혈에 더 영향을 주는 지역이 있다는 것을 예측할 수 있다.

국지적 공간자기상관분석에서 종속변수와 관계 없이 일관된 공간 군집 양상을 보여주는 통제변수가 존재한다. 구충제 복용 여부와 사회경제 변수의 핫스팟 및 콜드스팟의 분포가 대부분 일치한다. 미취학 연령 아동의 구충제 복용과 어머니의 교육 수준, 개선된 식수 및 위생 시설 이

용 등은 발육부전 및 빈혈에 비슷한 영향을 미치는 것으로 예상해 볼 수 있다. 또한 전날 모기장 취침에 대한 핫스팟은 동부 아프리카의 우간다, 르완다, 부룬디, 탄자니아, 케냐의 국경에 인접한 빅토리아 호수 근처 행정구역에서 뚜렷하게 나타났다. 호수와 인접한 지역에는 모기 서식지가 발달하기 쉽고 말라리아 감염 위험에 노출되기 쉽다. 이에 대응하기 위해 국가에 국한되지 않고 호수 근처 지역에 모기장을 보급하는 보건 프로그램이 집중된 결과로 보인다. 호수와 완전히 접하지 않은 지역까지도 다소 넓게 분포된 것은 지역 간 파급 효과가 있는 것으로 예측할 수 있다.

제 2 절 연구의 의의 및 한계

본 연구의 의의는 다음과 같다.

첫째, 사하라이남 아프리카 중저소득 국가를 대상으로 미취학 연령 아동의 건강에 대하여 가장 최근에 실시된 10년 내의 DHS 자료를 활용한 실증적인 분석을 시도하였다. UN의 주도하에 2001년부터 2015년까지 추진된 새천년개발목표(Millennium Development Goals)는 8개 목표와 21개 세부 목표로 이루어졌다. 그 결과 빈곤, 의료, 교육 등 전반적인 지표는 개선되었으나 지역적 편차, 젠더, 환경 부문 등에는 소홀하였다는 비판이 제기되었다. 여전히 중저소득 국가의 개발과 건강 지표의 개선은 과제에 당면해 있다. 그 중에서도 보건학적으로 취약 연령 집단인 미취학 연령 아동의 건강은 미래 가치적인 측면과 인권 확립의 측면에서 주목할 필요가 있다.

둘째, 다수준 분석을 통해 행정구역 수준의 분산과 특성을 고려하였다. 정치, 경제, 사회, 문화 등 다양한 분야에서 지역은 하나의 단위로서

가능한다. 개인 수준 자료의 한계를 넘어 행정구역 수준을 고려한 분석은 변수간 관계를 파악하는 데에 더 정확한 결과를 제공할 수 있다.

셋째, 지도 시각화와 공간 분석을 통해 지역적 불평등을 한눈에 파악하고 소통하기 용이하도록 하였다. 전체 건강 지표의 개선과 더불어 지역적 편차를 줄이는 것은 형평의 측면에서 중요하므로, 공간 분석의 활용도는 앞으로 더욱 증가할 것으로 예상된다.

본 연구의 한계는 다음과 같다.

첫째, DHS 설문 자료의 한계이다. 설문조사가 가진 기억 편향(bias) 등의 한계가 내재적으로 존재한다. 그리고 DHS는 개인 수준의 토양매개 기생충 유병률을 조사하지 않아, 연구 변수를 선정할 때에 중장기적인 건강 결과를 선택할 수밖에 없었다. 또한 DHS에서 GIS 자료를 제공하지 않았던 감비아, 니제르, 콩고 공화국은 분석 대상에서 제외할 수밖에 없었다.

둘째, 연구 대상자 선정의 한계이다. 가구 내의 전체 아동이 아니라 어머니가 인터뷰에 참여한 아동만을 포함한 자료를 활용하였고, 발육부전 및 빈혈을 측정하고 구충제 복용에 대해 설문에 참여한 아동으로 제한하여 분석하였기 때문에 선택 편향의 한계가 있다. 그러나 향후 연구 대상자의 결측치 비율, 연구 모형의 변수 변경 등을 포함한 민감도 분석을 통해 보완할 수 있을 것으로 기대한다.

셋째, 단면 연구의 한계이다. 소외열대질환을 대상으로 한 구충제 복용 프로그램에 재차 힘을 실었던 런던 선언은 2012년에 합의되었다. 동부 아프리카는 주로 런던 선언 이후에 조사된 자료가, 서부 아프리카는 런던 선언 전에 조사된 자료가 각각 상당수를 차지한다. 이렇듯 국가별로 DHS 조사 시점이 서로 달라, 이에 따른 편향이 존재할 수 있다. 또한 토양매개기생충의 유병률이 높거나 발육부전 및 빈혈이 높은 지역에 구충제 배포가 더욱 활발히 이루어졌을 가능성이 있으며, 단면 연구

로는 그러한 역인과 관계를 모두 통제하기 어렵다. 국가별 DHS 조사가 약 5년마다 한 번씩 이루어진다는 한계가 있으나, 차후 설문조사 연도를 하나의 변수로 통제하는 분석 등을 시도해볼 수 있을 것이다.

넷째, 공간 분석 시 가변적 공간 단위 문제(modifiable areal unit problem 또는 MUAP)과 에지 효과(edge effect)의 가능성이 있다. 행정 구역 수준의 선택에 의해 연구 결과가 다소 달라질 수 있는데, 이는 다 수준 분석에서도 존재할 수 있는 한계점이다. 여러 수준으로 공간 분석을 시도하여 비교해 보는 대안이 존재한다. 한편 GIS 자료를 충분히 얻을 수 있다면, 섬, 반도 등 인접 지역이 없거나 적은 행정구역의 수를 줄일 수 있어 에지 효과의 문제는 완화될 수 있을 것이다.

제 3 절 결론 및 제언

본 연구는 사하라이남 아프리카 미취학 연령 아동의 구충제 복용과 건강 결과의 연관성을 분석하고 관련 요인을 파악하기 위해 수행되었다. 행정구역 수준의 분산을 고려한 다수준 분석 결과, 최근 6개월 이내에 구충제 복용을 한 아동에게서 발육부전 및 빈혈의 오즈비가 다소 낮게 나타났다. 인구학적 요인, 사회경제 요인, 보건 프로그램 요인, 거주 형태 요인, 환경학적 요인 등을 개인 수준 및 행정구역 수준으로 통제하였다. 공간 효과를 고려한 공간자기상관분석을 통해 군집 탐색을 한 결과, 건강 결과와 구충제 복용의 핫스팟과 콜드스팟이 서로 다르게 나타났고, 그 외 통제 요인들의 군집 또한 공간자기상관성을 띠는 것을 확인하였다. 토양매개기생충을 포함한 소외열대질환은 보건 체계가 빈약한 빈곤 지역에서 만성화되기 쉽고, 기후와 생태의 영향을 받는다. 그러므로 본 연구에서 시도한 바와 같이 다양한 영향 요인의 지역별 이질성 및 지역 간

인접성을 반영하여 구충제 복용에 따른 토양매개기생충 관련 건강 결과를 살펴볼 필요가 있다.

현재 세계보건기구, 비정부 기구, 제약회사 등은 각국 정부와 소통하여 토양매개기생충을 비롯한 소외열대질환 통제 프로그램에 대한 의사 결정을 해오고 있다. 예방화학요법인 구충제 복용 프로그램의 필요성은 주로 해당 지역의 유병률에 근거하여 결정된다(WHO, 2017). 그러나 본 연구의 결과에 따르면 구충제 복용 프로그램을 기획하고 실행할 때에 개인 수준의 사회경제, 보건 프로그램 요인뿐만 아니라, 행정구역 수준의 거주 형태, 환경학적 특성을 고려해야 한다는 점을 도출해볼 수 있다. 사하라이남 아프리카의 중저소득 국가에 의약품, 의료 인력, 식수 위생 시설 등 한정된 자원을 배분할 때에 시사점을 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

참고 문헌

- Abeway, S., Gebremichael, B., Murugan, R., Assefa, M., & Adinew, Y. M. (2018). Stunting and Its Determinants among Children Aged 6–59 Months in Northern Ethiopia: A Cross-Sectional Study. *J Nutr Metab*, 2018, 1078480.
- Andrews, J. R., Bogoch, I. I., & Utzinger, J. (2017). The benefits of mass deworming on health outcomes: new evidence synthesis, the debate persists. *The Lancet Global Health*, 5(1), e4–e5.
- Assoum, M., Ortu, G., Basanez, M. G., Lau, C., Clements, A. C. A., Halton, K., . . . Soares Magalhaes, R. J. (2017). Spatiotemporal distribution and population at risk of soil-transmitted helminth infections following an eight-year school-based deworming programme in Burundi, 2007–2014. *Parasit Vectors*, 10(1), 583.
- Burgert-Brucker, C. R., Yourkavitch, J., Assaf, S., & Delgado, S. (2015). Geographic variation in key indicators of maternal and child health across 27 countries in sub-Saharan Africa.
- Chammartin, F., Scholte, R. G. C., Guimarães, L. H., Tanner, M., Utzinger, J., & Vounatsou, P. (2013). Soil-transmitted helminth infection in South America: a systematic review and geostatistical meta-analysis. *The Lancet Infectious Diseases*, 13(6), 507–518.
- Cliff, A., & Ord, J. (1973). Spatial Autocorrelation. *Spatial Autocorrelation*. Pion Limited, London.

- Croft, T. N., Marshall, A., & Allen, C. K. (2018). Guide to DHS statistics. *The Demographic Health Survey*.
- Hotez, P. J., Alvarado, M., Basanez, M. G., Bolliger, I., Bourne, R., Boussinesq, M., . . . Naghavi, M. (2014). The global burden of disease study 2010: interpretation and implications for the neglected tropical diseases. *PLoS Negl Trop Dis*, 8(7), e2865.
- Houweling, T. A., Karim-Kos, H. E., Kulik, M. C., Stolk, W. A., Haagsma, J. A., Lenk, E. J., . . . de Vlas, S. J. (2016). Socioeconomic Inequalities in Neglected Tropical Diseases: A Systematic Review. *PLoS Negl Trop Dis*, 10(5), e0004546.
- Issel, L. M., & Wells, R. (2017). *Health program planning and evaluation*: Jones & Bartlett Learning.
- Lo, N. C., Snyder, J., Addiss, D. G., Heft-Neal, S., Andrews, J. R., Bendavid, E., & Prichard, R. K. (2018). Deworming in pre-school age children: A global empirical analysis of health outcomes. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 12(5).
- Moncayo, A. L., Vaca, M., Amorim, L., Rodriguez, A., Erazo, S., Oviedo, G., . . . Cooper, P. J. (2008). Impact of long-term treatment with ivermectin on the prevalence and intensity of soil-transmitted helminth infections. *PLoS Negl Trop Dis*, 2(9), e293.
- Moran, P. A. (1948). The interpretation of statistical maps. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 10(2), 243-251.
- Nikolay, B., Mwandawiro, C. S., Kihara, J. H., Okoyo, C., Cano, J., Mwanje, M. T., . . . Brooker, S. J. (2015). Understanding

- Heterogeneity in the Impact of National Neglected Tropical Disease Control Programmes: Evidence from School-Based Deworming in Kenya. *PLoS Negl Trop Dis*, 9(9), e0004108.
- Oswald, W. E., Stewart, A. E., Kramer, M. R., Endeshaw, T., Zerihun, M., Melak, B., . . . Moe, C. L. (2017). Association of community sanitation usage with soil-transmitted helminth infections among school-aged children in Amhara Region, Ethiopia. *Parasit Vectors*, 10(1), 91.
- Pfeiffer, D., Robinson, T. P., Stevenson, M., Stevens, K. B., Rogers, D. J., & Clements, A. C. (2008). *Spatial analysis in epidemiology* (Vol. 142): Oxford University Press Oxford.
- Soares Magalhaes, R. J., Barnett, A. G., & Clements, A. C. (2011a). Geographical analysis of the role of water supply and sanitation in the risk of helminth infections of children in West Africa. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 108(50), 20084–20089.
- Soares Magalhaes, R. J., & Clements, A. C. (2011b). Spatial heterogeneity of haemoglobin concentration in preschool-age children in sub-Saharan Africa. *Bull World Health Organ*, 89(6), 459–468.
- Stolk, W. A., Kulik, M. C., le Rutte, E. A., Jacobson, J., Richardus, J. H., de Vlas, S. J., & Houweling, T. A. (2016). Between-Country Inequalities in the Neglected Tropical Disease Burden in 1990 and 2010, with Projections for 2020. *PLoS Negl Trop Dis*, 10(5), e0004560.
- Taylor-Robinson, D. C., Maayan, N., Soares-Weiser, K., Donegan, S., & Garner, P. (2015). Deworming drugs for soil-transmitted

- intestinal worms in children: effects on nutritional indicators, haemoglobin, and school performance. *Cochrane Database Syst Rev*(7), CD000371.
- Twisk, J. W. (2006). *Applied multilevel analysis: a practical guide for medical researchers*: Cambridge university press.
- Wakefield, J. (2000). Clustering cluster detection, and spatial variation in risk. *Spatial epidemiology*, 128–152.
- Welch, V. A., Ghogomu, E., Hossain, A., Awasthi, S., Bhutta, Z. A., Cumberbatch, C., . . . Wells, G. A. (2017). Mass deworming to improve developmental health and wellbeing of children in low-income and middle-income countries: a systematic review and network meta-analysis. *The Lancet Global Health*, 5(1), e40–e50.
- World Health Organization. (2015). *Investing to overcome the global impact of neglected tropical diseases: third WHO report on neglected tropical diseases 2015* (Vol. 3): World Health Organization.
- World Health Organization. (2017). *Integrating neglected tropical diseases into global health and development: fourth WHO report on neglected tropical diseases*: World Health Organization.

Association of deworming with health outcomes among pre-school age children in sub-Saharan Africa – Multilevel analysis and spatial analysis –

Hyoseon Jeong

Department of Health Care Management and Policy

The Graduate School of Public Health

Seoul National University

Soil-transmitted helminths [STHs] are infectious diseases that mainly occur among the most vulnerable populations in low- and middle-income countries in subtropical or tropical regions. They are commonly called as “diseases of poverty,” along with other neglected tropical diseases. STHs are associated with anemia and nutritional deficiencies in children. They can also cause stunting and lower cognitive performance. Various stakeholders such as the World Health Organization have recommended deworming (preventive chemotherapy) for the prevention of STHs. Deworming is a cost-effective health program, which delivers oral medicines once or twice a year to combat STHs. However, as of 2017, over 900 million people (over 70 million pre-school age children aged <5 years) were estimated to be infected with STHs.

The present study assessed the association of deworming in recent six months with health outcomes (stunting or anemia) among pre-school age children in sub-Saharan Africa. This cross-sectional study used data from 130,201 pre-school age children from Demographic and Health Surveys conducted across 2,821 administrative areas in 28 countries between 2010 and 2018 (77,009 children across 1,833 administrative areas in 23 countries were included for analysis of anemia). This study performed multilevel analysis to examine the influence of administrative level factors and variance as well as individual level factors. Control variables were selected from demographic characteristics, socioeconomic factors, health programs, type of residence, and environmental variables. This study also conducted spatial analysis to identify clusters of each variable considering the spatial effect at administrative level.

Multilevel logistic regression analysis revealed that deworming significantly decreased the likelihood of stunting (OR: 0.96, 95% CI: 0.93–0.99) and anemia (OR: 0.96, 95% CI: 0.92–0.99). On the other hand, spatial autocorrelation analysis showed that global Moran's I was positive to stunting (Moran's I: 0.59) and deworming (Moran's I: 0.59), anemia (Moran's I: 0.44) and deworming (Moran's I: 0.55), and all other control variables (Moran's I > 0.35). Clusters of each variable were detected by hot-spot and cold-spot analysis using local Moran's I.

This study suggested that regional heterogeneity and spatial dependency should be considered for deworming programs to control health outcomes related to STHs.

Keywords: Soil-transmitted helminths, Deworming, sub-Saharan Africa, Pre-school age children, Multilevel analysis, Spatial analysis

Student Number: 2017-20386